



INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA – 4º ANO
RAMO CIENTÍFICO

Trabalho científico apresentado ao ISE para a obtenção do grau de Licenciatura em Geologia - Ramo Científico

A INTRUSÃO SALINA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE SALTOS.
IMPACTO DO PROJECTO DA CONSTRUÇÃO DO DIQUE A JUSANTE



Autora:
Edelmira Ribeiro Martins

Orientador:
Eng. António Advino Sabino

Praia, Setembro de 2008

**INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA 4º ANO
RAMO CIENTÍFICO**

*Trabalho científico apresentado ao ISE para a obtenção do grau de Licenciatura em
Geologia – Ramo Científico*

**A INTRUSÃO SALINA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE SALTOS. IMPACTO DO
PROJECTO DA CONSTRUÇÃO DO DIQUE A JUSANTE**

Autora

Edelmira Ribeiro Martins

Orientador

Eng. António Advino Sabino

Praia, Setembro de 2008

INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA 4º ANO
RAMO CIENTÍFICO

Trabalho científico apresentado ao ISE para a obtenção do grau de Licenciatura em
Geologia – Ramo Científico

TEMA

A INTRUSÃO SALINA NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE SALTOS.
IMPACTO DO PROJECTO DA CONSTRUÇÃO DO DIQUE A JUSANTE

Elaborado por Edelmira Ribeiro Martins, aprovado pelos membros do júri, foi homologado pelo presidente do ISE, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciatura em Geologia.

O júri

Data: ____/____/____

Dedicatória

Com muito amor e carinho, dedico este trabalho á minha família, e de uma maneira muito especial, aos meus queridos pais Abílio Gomes Martins e Lourdes Ribeiro Carvalho Varela e a minhas sobrinhas Clotilde Carolina Martins Querido Varela e Eliane Martins Almeida. Em exclusivo ao meu grande amigo Abel Bronstein Fonseca e ao meu querido irmão e as queridas irmãs.

RESUMO

A Bacia hidrográfica da Ribeira de Saltos, Flamengos, Santa Cruz e São Miguel foram contemplados em 1980 por um Projecto de Desenvolvimento Integrado de Bacias Hidrográficas “Watershed Management Project” financiado pelo Governo Americano através da USAID. De entre as várias actividades previstas, destaca-se a luta contra a intrusão salina das áreas a jusante da Ribeira de Saltos. Um projecto de luta contra a intrusão salina foi elaborado e executado sob a orientação do coordenador técnico do projecto. A quantidade e a qualidade de água melhoraram substancialmente reflectindo no aumento da área de regadio e no consumo doméstico.

Pretende-se com este trabalho de fim de curso, quantificar os impactos das infra-estruturas hidráulicas de luta contra a intrusão salina executadas a jusante da Ribeira de Saltos na melhorias das condições de vida das comunidades locais nomeadamente das que vivem dos recursos gerados pela criação de novas área de regadio.

O trabalho considera três componentes: (1) a primeira componente consiste na análise das infra-estruturas realizadas (diques, poços furos, captações e reservatórios) sobretudo nas partes a jusante da bacia hidrográfica; (2) a segunda componente consiste na colecta e processamento de dados e informações relacionadas com os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade e; (3) a terceira componente faz a comparação os resultados obtidos entre as condições actuais e as existentes antes da execução do projecto.

Agradecimentos

Esta monografia de licenciatura é o resultado do forte contributo de algumas pessoas que muito ajudaram na sua realização. Obviamente, que não poderemos falar em todas, mas deixamos aqui uma palavra para aquelas que merecem ser referenciadas.

Antes de tudo queria agradecer a Deus, pela saúde, força, coragem e confiança que sempre me deu para poder ultrapassar todas as barreiras da minha vida e que hoje graças ao Senhor cheguei até aqui.

Gostaria de endereçar os meus agradecimentos ao Professor, Engenheiro António Advino Sabino por ter aceite a minha orientação, pela disponibilidade, paciência, dedicação e entusiasmo demonstrados ao longo da elaboração da monografia, que me motivaram e enriqueceram o trabalho. As competências e reconhecidos méritos científicos são inquestionáveis.

Aos meus queridos pais e irmãos em geral, um especial agradecimento pelo apoio moral e incentivos que muito me ajudaram nos momentos mais difíceis.

Ao Eng.º João Spenser pela orientação durante o estágio realizada no INIDA.

Aproveito ainda para agradecer a Eng.ª Marize Gominho pelo todo apoio, documentação e atenção por ela prestada.

Agradeço ao meu sobrinho Hélder Oliveira pelo apoio prestado na digitação do trabalho.

Finalmente, em especial, a todos professores que de uma forma ou de outra colaboraram para a minha licenciatura e também a todos meus colegas do curso: os do ramo educacional, embora não tivéssemos a oportunidade de partilhar as nossas experiências até ao final e; aos colegas do ramo científico, Elizandra Maria Ourico Garcia; Euclides Varela Lopes; José Eduardo Pires de Pina; Silvino Montrond; Vera Filomena Silva Garcia por todo o apoio prestado.

ÍNDICE GERAL

Parte Introdutória

1. Introdução	13
2. Material e Método	15
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL	16
3.1. Enquadramento da ilha de Santiago.....	16
3.2. População.....	18
3.3. Clima	19
3.4. Geomorfologia	21
3.5. Geologia.....	23
3.6. Hidrogeologia e Recursos Hídricos.	28
4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
4.1. Características fisiográficas	30
4.2. Características climáticas	33
4.2. 1. Precipitação	33
4.2.2. Temperatura.	37
4.2.3. Vento.....	38
4.2.4. Humidade Relativa.....	38
4.2.5. Radiação Solar e Insular	38
4.2.6. Evapotranspiração	39

4.3. Os Solos e a Vegetação	39
4.3.1. Os Solos.....	39
4.3.2. A Vegetação	40
4.4. Agricultura e Pecuária	43
 5. HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS.....	44
5.1. Caracterização Geral.....	44
5.2. Hidrogeologia da Área de Estudo	45
5.2.1. Descrição do Modelo	45
5.2.2. Fórmula Simplificada de Jacob.....	48
 6. A INTRUSÃO SALINA E A BARREIRA FÍSICA ARTIFICIAL.....	51
6.1. A Intrusão Salina	51
6.2. Barreira Física Artificial	53
 7. QUANTIFICAÇÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA E DE LUTA CONTRA A INTRUSÃO SALINA A JUSANTE DA RIBEIRA DE SALTOS	55
 8. QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS, COM ÊNFASE PARA OS RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES ANTES E APÓS DA EXECUÇÃO DO PROJECTO.....	57
 9. O PROJECTO DE CONSTRUÇÃO DO DIQUE CONTRA A INTRUSÃO SALINA.....	60

10. RESULTADOS.....	61
10.1. Variação qualitativa da água dos poços e furos. O efeito do dique-barreira.....	64
10.2. Medições Periódicos.....	64
11. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	72
12. CONCLUSÕES.	73
13. BIBLIOGRAFIA	74
14. ANEXO. FOTO ILUSTRATIVA.....	77

ÍNDICE DOS QUADROS

Quadro 1. Distribuição dos Concelhos da Ilha de Santiago.....	18
Quadro. 2. População de Santiago por sexo e concelho em 2000.....	19
Quadro. 3. Recursos Hídricos (milhões de m ³ /ano)	28
Quadro. 4. Características morfológicas e fisiográficas respectivos tributários dos principais sistemas hidrográficas da ribeira de Saltos	31
Quadro 5. Valores dos números de escoamento (CN) das sub-bacias hidrográficas da Ribeira Saltos calculados em função das condições de superfície e dos grupos hidrológicos do solo	32
Quadro 6. Valores médios mensais de precipitação real e efectiva e de evapotranspiração potencial calculados pelo método do United States Bureau of Reclamation (USBR) – Dados obtidos da Estação de Santa Cruz (LN = 15°; Altitude = 15 metros). Período: 1982-1997.....	34
Quadro 7. A evolução das precipitações médias, recursos hídricos (período de 1955-1997), áreas regadas e potencialmente irrigáveis nas principais bacias hidrográficas da ilha de Santiago.....	35
Quadro 8. Valores médios de temperatura, radiação solar, velocidade do vento, evaporação, humidade relativa, insolação, para as áreas de Ribeira Seca – Jusante (Estação de Santa Cruz: 1983-1997)	37
Quadro 9. Características agro-ecológicas da bacia hidrográfica de Saltos	41
Quadro 10. Quantificação do volume de materiais de fundo e em suspensão captados pelas infra-estruturas hidráulicas de conservação do solo e água e das áreas restauradas nas bacias hidrográficas do WDP, ilha de Santiago (período de 1975-1989)	56
Quadro 11. Pontos de águas e recursos explorados em 1974.....	59
Quadro 12. Exploração dos furos durante o Mês de Dezembro/2005.....	59
Quadro 13. Valores dos tempos desde inícios de bombagem e os respectivos rebaixamentos	62
Quadro 14. Resultados de análise de água	64

Quadro 15. Medições periódicas do Poço52-81.....	65
Quadro 16. Medições periódicas do Poço52-83.....	65
Quadro 17. Medições periódicas do Furo FT-47.....	66
Quadro 18. Medições periódicas do Furo FT-49.....	66
Quadro 19. Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	67
Quadro 20. Exploração dos furos durante o Mês de Janeiro/2005.....	68
Quadro 21. Exploração dos furos durante o Mês de Fevereiro/2005.....	68
Quadro 22. Exploração dos furos durante o Mês de Março /2005.....	68
Quadro 23. Exploração dos furos durante o Mês de Maio /2005.....	68
Quadro 24. Exploração dos furos durante o Mês de Junho/2005.....	69
Quadro 25. Exploração dos furos durante o Mês de Julho/2005.....	69
Quadro 26. Exploração dos furos durante o Mês de Agosto/2005.....	69
Quadro 27. Exploração dos furos durante o Mês de Setembro/2005.....	69
Quadro 28. Exploração dos furos durante o Mês de Outubro/2005.....	70
Quadro 29. Exploração dos furos durante o Mês de Novembro/2005.....	70
Quadro 30. Exploração dos furos durante o Mês de Dezembro/2005.....	70
Quadro 31. Médias comparativas das medições periódicas dos furos	71
Quadro 32. Médias comparativas das medições periódicas dos poços	71

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1. Mapa divisão administrativa da ilha de Santiago.....	16
Figura 2. Grandes Unidades Geomorfológicas da ilha de Santiago.....	22
Figura 3. Distribuição das chuvas na área de Santiago (baseado em Reis Cunha, 172) ...	36
Figura 4. Detalhes do dique polivalente (barreira física contra a intrusão salina).....	60
Figura 5. Aplicação do modelo de Jacob a dados da bacia hidrográfica de Saltos (jusante) furo FT 47.....	63
Figura 6. Resultado da condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) dos furos FT 47 e FT 49 referentes ao ano 2007.....	67

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida e está distribuída no nosso planeta de uma forma muito irregular. No nosso país e em especial ao Concelho de Santa Cruz, constitui um grande problema em virtude não só da tendência para a sua sobre-exploração como também devido a uma gestão pouco criteriosa que tem conduzido a sua deterioração qualitativa e quantitativa de que se destaca a intrusão salina. Daí torna-se imprescindível a necessidade de luta contra a intrusão salina das áreas costeiras, nomeadamente, a jusante da Ribeira de Saltos. Este trabalho procura aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso e descrever as actividades de pesquisa realizadas no âmbito do estágio na bacia hidrográfica de Saltos de conformidade com o âmbito deste trabalho científico exigido pelo ISE, para a obtenção do grau da licenciatura em Geologia, conforme o plano curricular.

A quantidade e qualidade de água melhorou substancialmente devido a construção do dique-barreira contra a intrusão salina, particularmente no que diz respeito ao aumento da área de regadio e no consumo doméstico. É nesse sentido que surge o tema “A Intrusão Salina na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Saltos. Impacto do Projecto da Construção do Dique a Jusante”.

Em síntese, pretende com este trabalho de fim de curso, aproveitar das experiências feitas e do resultado do Projecto de Desenvolvimento Integrado das Bacias Hidrográficas “Watershed Management Project”, baseando-se na quantificação dos impactos das infra-estruturas hidráulicas de luta contra a intrusão salina executadas a jusante da Ribeira dos Saltos, sobretudo, na melhoria das condições socio-económicas das comunidades pela aplicação de uma melhor gestão dos recursos naturais, permitindo, o aumento da produção agrícola e quantidade e qualidade de água. A elaboração desta monografia baseia em duas fases:

1. Na primeira fase faz-se a escolha de tema, elaboração de plano e as pesquisas bibliográficas e;
2. Na segunda fase faz-se a recolha de dados no terreno através de visitas de campo na zona de Saltos e a redacção do trabalho, contando sempre com o apoio do orientador.

Este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. Introdução;
2. Materiais e métodos;
3. Caracterização geral, destacando, o enquadramento da ilha de Santiago, a população, clima, Geomorfologia, Geologia e Hidrogeologia da ilha de Santiago;
4. Descrição da área de estudo e suas características fisiográficas e climáticas;
5. Hidrologia e recursos hídricos da área de estudo;
6. O processo da intrusão salina e da barreira física artificial;
7. Quantificação das infra-estruturas de conservação do solo e água e de luta contra a intrusão salina a jusante da ribeira de saltos.
8. Quantificação dos recursos naturais, com ênfase para os recursos hídricos existentes antes e após a execução do projecto
9. O projecto de construção do dique contra a intrusão salina;
10. Resultados;
11. Interpretação dos resultados;
12. Conclusões e recomendações;
13. Bibliografia;
14. Anexo.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O leito principal da parte a jusante da bacia hidrográfica da Ribeira de Saltos foi escolhido para a condução dos estudos tendo-se iniciado os trabalhos com o reconhecimento integral de toda a bacia hidrográfica acompanhado de reportagem fotográfica. Os furos e poços de exploração e de ensaios existentes foram identificados. Os caudais de exploração foram medidos com o apoio do Instituto Nacional de Gestão e Recurso Hídrico (INGRH) e utilizados para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos e, consequentemente na determinação da curva característica do aquífero. Também, foram recolhidas amostras de água para análise química que foram efectuados no Laboratório do Instituto Nacional de Investigação e de Desenvolvimento Agrária (INIDA).

O cálculo dos parâmetros físicos, geomorfológicas e hidrométricos dão uma ideia clara das condições hidrológicas e hidrogeológica da área de estudo i estão ilustrados no Quadro 4.

Com base nos resultados de medição dos caudais e dos respectivos rebaixamentos dos poços e furos existentes fizemos um traçado aproximado da curva característica do aquífero.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

3.1. Enquadramento da Ilha

A ilha de Santiago fica situada na parte Sul do Arquipélago, pertencendo ao grupo das ilhas de sotavento. Está situada entre os paralelos 15° 20' e 14° 50' de latitude Norte e os meridianos 23° 50' e 23° 20' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich. A ilha tem uma forma adelgada na direcção Norte-Sul e um comprimento máximo de 54,9 km entre a Ponta Moreia, a Norte, e a Ponta Mulher Branca, a Sul, e uma largura máxima de 29 km entre a Ponta Janela, a Oeste, e a Ponta Praia Baixo, a Leste (Figura 1).



Figura 1. Mapa divisão administrativa da ilha de Santiago

Fonte: Martins (2008)

Administrativamente a ilha é constituída por nove Concelhos e onze Freguesias assim discriminados:

Concelho da Praia – O maior, localizado na parte Sul, ocupando uma área de 96,8 km², com uma população total de 97.305 habitantes, distribuída pela freguesia de Nossa Senhora da Graça.

Concelho de São Domingos – Com uma área de cerca de 134,5 km², com uma população de 11526 habitantes, repartida pelas freguesias de São Nicolau Tolentino e Nossa Senhora da Luz.

Concelho de Santa Catarina – O segundo maior da ilha, situado na parte central, apresenta uma área de 214,2 km², e uma população de 40657 habitantes, partilhada na freguesia de Santa Catarina.

Concelho de Santa Cruz – Situado na zona Oeste, ocupa uma área de 149,3 km², com uma população de 25184 habitantes, distribuída pela freguesia de Santiago Maior.

Concelho do Tarrafal – Situado a Norte, abrange uma área de 112 km² e apresenta uma população de 17.784 habitantes espalhada pela freguesia de Santo Amaro Abade.

Concelho de São Miguel – Situado a Nordeste, ocupando uma área de 91 km², na qual reside uma população de 16104 habitantes, distribuída pela freguesia de São Miguel Arcanjo.

Concelho dos Órgãos – Com uma área de 39,5 km², na qual expõe uma população de 7781 habitantes, partilhada pela freguesia de São Lourenço dos Órgãos.

Concelho de São Salvador do Mundo – situado mais ao centro da ilha ocupando uma área de 28,7 km², contendo uma população de 9172 distribuída num único freguesia que é freguesia de São Salvador do Mundo.

Concelho de Ribeira Grande – localizado a SW da ilha, abrangendo uma área de 164,4Km², com uma população residente de 8747, distribuída

A distribuição dos concelhos da ilha de Santiago está indicada no Quadro 1 a seguir mencionada:

Quadro 1. Distribuição dos Concelhos da Ilha de Santiago

Concelho	Área (Km ²)	Freguesia
Praia	96,8 Km ²	N. ^a Senhora da Graça S. João Baptista
S. Domingos	134,5 Km ²	S. Nicolau Tolentino N. ^a Senhora da Luz
Santa Catarina	214,2 Km ²	Santa Catarina
Tarrafal	112 Km ²	Santo Amaro Abade
Santa Cruz	109,8 Km ²	Santiago Maior
S. Miguel	91 Km ²	S. Miguel
São Lourenço dos Órgãos	39,5 Km ²	S. Lourenço dos Órgãos
São Salvador do Mundo	28,7 Km ²	S. Salvador do Mundo
Ribeira Grande	164,4 Km ²	Santíssimo Nome de Jesus

Fonte: Instituto Nacional de Estatística

3.2. População da Ilha de Santiago

A Ilha de Santiago conta com uma população de 234.940 habitantes, devendo-se destacar que 109.693 são do sexo masculino enquanto que 125.247 são do sexo feminino, de acordo com o Recenseamento Geral da população e Habitação do Instituto Nacional de estatística do ano 2000.

Para melhor esclarecimento exibiremos um quadro resumo da distribuição da população por concelhos e por sexo.

Quadro 2. População de Santiago por sexo e concelho em 2000

Ilha / Concelho e Sexo	População Residente
Ilha de Santiago	234.940
Masculino	109.693
Feminino	125.247
Tarrafal	17.784
Masculino	7.904
Feminino	9.880
Santa Catarina	40.657
Masculino	18.415
Feminino	22.242
Santa Cruz	25.184
Masculino	11.861
Feminino	13.323
Praia	97.305
Masculino	47.019
Feminino	50.286
São Domingos	13.305
Masculino	6.401
Feminino	6.904
São Miguel	16.104
Masculino	7.114
Feminino	8.990
São Lourenço dos Órgãos	7.781
Masculino	3.667
Feminino	4.114
São Salvador do Mundo	9.172
Masculino	4.148
Feminino	5.024
Ribeira Grande	8747
Masculino	4139
Feminino	4608

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (Censo 2000)

3.3. Clima

Santiago encontra-se situado numa vasta zona de clima árido e semi-árido. Segundo o Secretariado Executivo Para o Ambiente -SEPA (1999), o clima da ilha é do tipo Saheliano

marítimo, com micro climas fortemente influenciada pela forma do relevo existente na ilha, o que se agrega à junção de três correntes de ar:

- uma corrente de Nordeste, que sopra durante a maior parte do ano, caracterizada por uma certa frescura;
- uma outra quente e seca com origem do deserto do Shara, responsável pela grande secura e pela grande quantidade de poeiras em suspensão por ela transportada, proveniente do continente africano;
- e uma terceira quente e húmida que sopra entre SE e SW no fim do verão, e que marca o período das chuvas.

De acordo com os trabalhos de F. Reis Cunha citado por Mota Gomes, o clima de Santiago, divide-se em três grupos:

1. Clima Litoral, como as verificadas na Praia, Achada Baleia, Tarrafal e São Tomé;
2. Clima de Altitude, como os de Pico de Antónia, Santa Catarina e Serra Malagueta;
3. Clima de Vertente, as que não estão expostas aos ventos alísios, como em Principal, Boa Entrada.

A ilha apresenta duas estações principais bem assentes, a estação seca ou “tempo das brisas”, que vai de Dezembro a Junho e a estação das chuvas ou “tempo das águas” que vai de Agosto a Outubro. Os meses de Julho e Novembro são considerados meses de transição.

Segundo SEPA (1999), o que mais marca o clima de Santiago são os frequentes episódios de seca provocadas pela grande variabilidade das precipitações no espaço e no tempo, e a presença de micro climas condicionadas pela orografia da ilha e a exposição dos ventos dominantes, que evidenciam o contraste das paisagens agrícola de uma região à outra. A precipitação concentra-se num curto intervalo de tempo, na maioria das vezes muito irregular ou nula.

A temperatura é praticamente uniforme por toda a ilha, sendo o valor médio mensal do ar varia entre 22°C e 28°C. Ela é mais elevada durante a estação húmida, por vezes é

amenizada pelo oceano, com valores máximos no mês de Setembro e mínimos em Fevereiro.

A humidade relativa média do ar apresenta valores elevados, sobretudo durante a noite, devido à vizinhança do mar e aos ventos alísios, podendo contudo baixar consideravelmente quando influenciados pelos ventos do Estes durante a estação seca.

A insolação é geralmente elevada dada a fraca nebulosidade e ao longo período seco. No mês que vai de Março a Junho a insolação é muito elevada, sobretudo nas zonas áridas e semi-áridas.

3.4. Geomorfologia

Santiago é bastante acidentado, de origem vulcânica, caracterizada por elevações, vales e planuras. Tem a forma de uma pêra, ou seja, é adelgada na direcção Norte – Sul, com maior dimensão em largura voltada para o sul.

De acordo com Marques (1990), no que diz respeito a morfologia da é formada por duas principais massas montanhosas: o maciço montanhoso de Pico de Antónia, com uma altitude máxima de 1392 metros, elemento morfológico de maior importância, e o outro com 1063 metros de altitude máxima, a Serra Malagueta. Essas montanhas estão separadas por uma vasta região plana chamada Santa Catarina com cerca de 500 m altitude e aproximadamente 130 km² de superfície. Deste planalto brotam as ribeiras: de Boa Entrada, da Barca, de Águas Podres, de Tabugal, dos picos e de Palha Carga.

O maciço de Pico de Antónia alonga-se na direcção nordeste – sudeste correspondente ao ponto culminante que tem elevações a nordeste. Do seguinte maciço nasce as seguintes ribeiras: seca, dos Engenhos, de São João, Santa Clara, das Águas belas e de São Domingos.

O outro maciço de Serra Malagueta é limitado a sul por uma escarpa de orientação Oeste e Este. Nas suas imediações encontram varias elevações importantes. Do referido maciço nascem as seguintes ribeiras: Principal, Flamengos, Ribereta, Saltos, São Miguel e Ribeira Grande.

Segundo Manuel Monteiro Marques, no seu trabalho, “Caracterização das Grandes Unidades Geomorfológicas da ilha de Santiago, 1990 citado por Mota Gomes” destacam-se sete grandes unidades (Figura 2):

(I) Achadas Meridionais; (II) Maciço Montanhoso do Pico da Antónia; (III) Planalto de Santa Catarina; (IV) Flanco Oriental; (V) Maciço Montanhoso da Malagueta; (VI) Tarrafal; (VII) Flanco Ocidental.

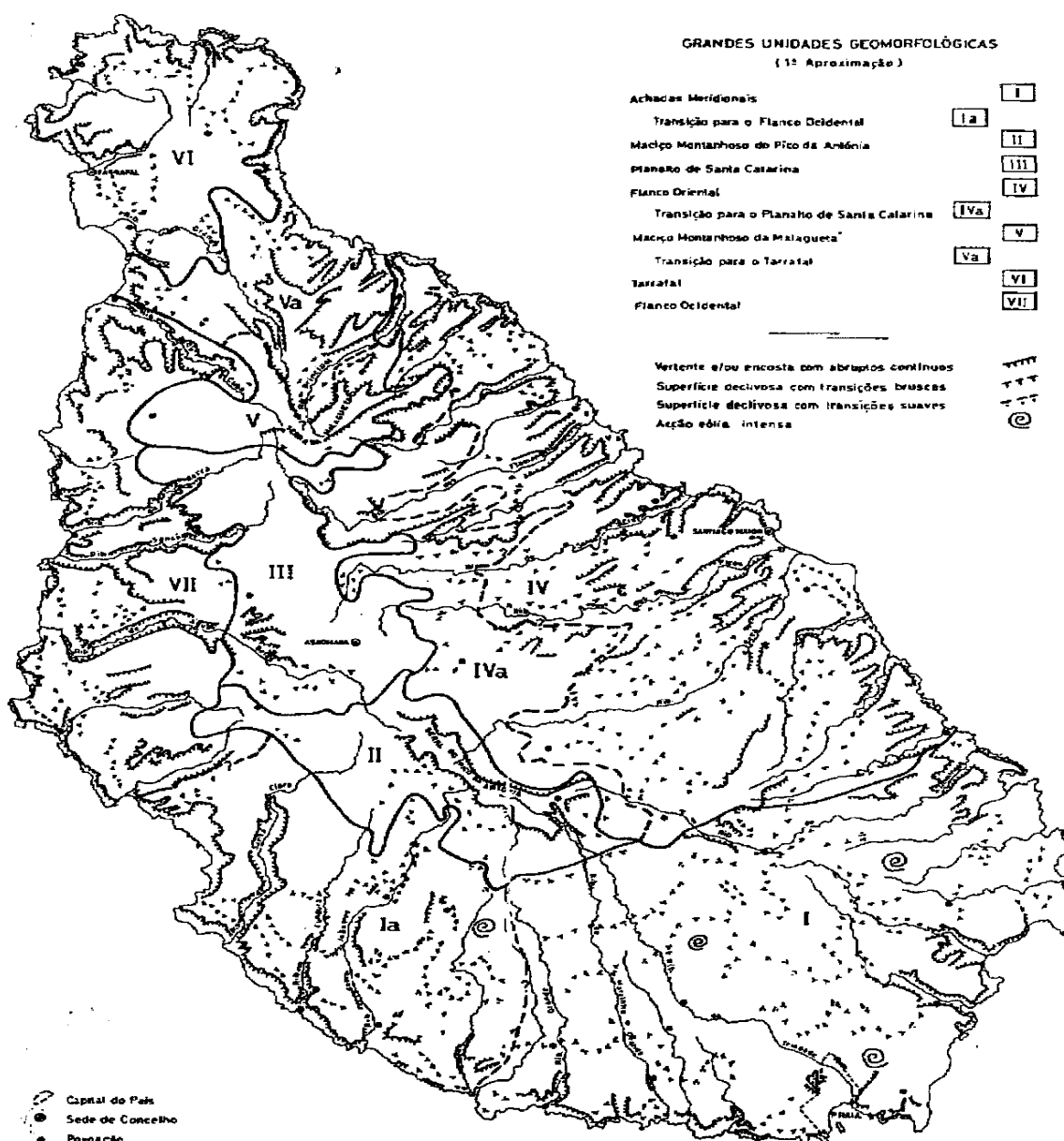


Figura 2. Grandes Unidades Geomorfológicas da ilha de Santiago – Manuel Monteiro Marques.
Fonte – Garcia de Orta, (1990) – citado por Mota Gomes

3.5. Geologia

A formação da ilha teria sido iniciada por uma actividade vulcânica submarina central, mais tarde completada por uma rede fissural manifestada nos afloramentos.

A ilha é dominada por emissões de escoadas lávicas e de materiais piroclásticos (escórias, bagacinas ou “lapilli” e cinzas) subaéreos, predominantemente basálticos.

A história Geológica de Santiago, segundo Serralheiro (1976) citado por Mota Gomes até esta altura, tem etapas relevantes, a saber:

1. Erupções iniciais submarinas até que o edifício emergiu, passando a ter vulcanismo subaéreos. Desconhecem-se quais as formações e tipos petrográficos que lhes correspondem, havendo apenas o complexo interno, como vestígio, em parte, dessas actividades. Paleogénico;
2. Longa pausa na actividade vulcânica e intensa acção erosiva, com destruição dos aparelhos emersos. Formação de grandes depósitos submarinos correspondentes aos materiais desses edifícios. Oligocénico e início do Miocénico inferior (?);
3. Transgressão marinha, que elevou o nível do mar acima da altitude de 450 m. Miocénico inferior;
4. Intensa actividade ígnea com formação de extensos mantos, formação dos Flamengos, (actualmente, em Santiago só se conhece a fácies submarina). Miocénico médio;
5. Regressão, mas até um nível não inferior a 250 m, associada a pausa na actividade ígnea, e com formação de espessos depósitos sedimentares de fácies terrestres e marinha (formação dos Órgãos). Miocénico médio-superior;
6. Intensa actividade ígnea, subaérea e submarina. Há pausas relativamente longas durante a construção da maior parte do edifício vulcânico, traduzidas por discordância erosiva, e sedimentos de fácies terrestres e marinha. Mio cénico superior;
7. Continuação da regressão marinha com pequenos períodos transgressivos;

8. Fase eruptiva fonolítica e traquítica. Miocénico superior – pliocénico inferior;
9. Recomeço das actividades lávicas em algumas partes da ilha, podendo a formação da Assomada, ser contemporânea dos últimos estádios do complexo eruptivo do Pico de Antónia. Pliocénico;
10. Fase eruptiva explosiva, da formação do monte das vacas. Esta fase prolonga-se por bastante tempo, até o Plistocénico;
11. Transgressão que eleva o nível do mar até, pelo menos 200 m de altitude. Pliocénico Superior;
12. Regressão escalonada com formação de plataformas de abrasão e sedimentos fossilíferos. Plistocénico;

Sequência Vulcano-Estratigráfica

Os trabalhos efectuados por Serralheiro (1976), conduziram à elaboração e publicação da Carta Geológica nas escalas 1:25.000 e 1:100.000 e a respectiva Notícia Explicativa, permitiram estabelecer a Sequência Vulcano-Estratigráfica da ilha de Santiago, que tem servido de suporte básico para os trabalhos de Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

Ainda é de salientar a contribuição dada pelo “Estudo Geológico, Petrológico e Vulcanológica da ilha de Santiago (Cabo Verde)” da autoria de C. A. Matos Alves, J. R. Macedo, L. Celestino Silva, A. Serralheiro¹ e A. F. Peixoto Faria no reforço dos conhecimentos da Sequência Vulcano-Estratigráfica da ilha de Santiago.

É nesta óptica que passaremos a descrever a ocorrência dos acontecimentos geológicos, tomando como princípio do mais antigo (1) ao mais recente (10):

1. Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA);
2. Conglomerados ante formação dos Flamengos;
3. Formação dos Flamengos ($\lambda\rho$);
4. Formação dos Órgãos (CB);
5. Formação Lávica pós-Formação dos Órgãos;

6. Sedimentos posteriores à Formação dos Órgãos e anteriores às lavas submarinas inferiores (LRi) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia;
7. Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA);
8. Formação da Assomada (A);
9. Formação do Monte das Vacas (MV);
10. Formações Sedimentares recentes de idade Quaternária.

Tomando como base a Geologia e Petrografia das várias formações, aspectos visíveis em afloramentos e, muito em particular, características com especial incidência hidrogeológica, sucedemos, de seguida, a uma descrição mais detalhada começando da unidade mais antiga para a mais recente:

1. Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)

De acordo com o trabalho “Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde)” da autoria de C. A. Matos Alves, J. R. Macedo, L. Celestino Silva, A. Serralheiro e A. F. Peixoto Faria, a designação “Complexo Antigo” (CA) corresponde às formações mais antigas emersa da ilha.

Relativamente à Hidrogeologia e Recursos Hídricos da ilha, tratando-se da unidade mais antiga e, conseqüentemente, com a maior proporção de material argiloso, pode-se constatar que a produtividade é relativamente baixa.

2. Conglomerados ante formação dos Flamengos

Os afloramentos conglomeráticos observam-se em zonas pontuais, com particular incidência na parte Sul da ilha, com espessura insignificante. Por conseguinte, hidrogeologicamente não têm grande interesse.

3. Formação dos Flamengos ($\lambda\rho$)

Esta formação apresenta-se em mantos, brechas e piroclastos básicos, de grande uniformidade e extensão, de natureza submarina (ver foto 11 em Anexo). Todavia é de assinalar por vezes empilhamento de *pillow-lavas*, que poderá distinguir-se das

lavas em rolos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (pela tonalidade da alteração).

Relativamente à Hidrogeologia e Recursos Hídricos da ilha, por se tratar de uma formação com uma certa espessura e representatividade, principalmente na região dos Flamengos do Concelho de S. Miguel, dá-se especial realce às áreas de empilhamento de *pillow-lavas*. De uma maneira geral a Formação dos Flamengos apresenta uma produtividade relativamente baixa, muito semelhante à do CA. A Formação dos Flamengos aflora nas regiões Oeste, Sul e Leste da ilha.

4. Formação dos Órgãos (CB)

Trata-se de uma formação que se pode observar na região de S. Lourenço dos Órgãos, portanto, de localização bem definida, isto é, pouco extensa e com um certo grau de compacidade e pequena espessura. Não obstante, podem-se observar afloramentos da formação dos Órgãos em zonas pontuais.

Na sequência das características dessa unidade geológica, as possibilidades de produção de água são relativamente baixas.

5. Formação Lávica pós-CB e ante-PA

O domo endógeno de natureza traquítica situado nas proximidades de Belém, assim como no prolongamento para Sul, é um testemunho desta unidade geológica. Trata-se de uma formação de carácter local, de reduzidas dimensões, pelo que hidrogeologicamente não tem qualquer interesse.

6. Sedimentos posteriores à Formação dos Órgãos e anteriores às lavas submarinas inferiores (LRi) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia

Estes pequenos e inexpressivos afloramentos, de características sedimentares, localizam-se pontualmente, em regiões bem identificadas e, por conseguinte, também não têm significado hidrogeológico de consideração.

7. Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA)

Segundo Serralheiro (1976), dentro do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia incluem-se os produtos das actividades explosivas e efusivas, quer subaéreas, quer submarinas, que tiveram lugar em épocas diferentes. Distribuem-se por fases

distintas, cujas manifestações ocupam a maior parte da ilha desde a costa Sul até ao extremo Norte. As rochas deste complexo eruptivo são as responsáveis pelas maiores altitudes e, também, pelas plataformas estruturais que ainda se observam na ilha, como testemunhos os maciços do Pico da Antónia e da Serra Malagueta.

Trata-se da unidade geológica com maior representação na ilha.

8. Formação da Assomada (A)

A formação da Assomada é constituída exclusivamente por mantos basálticos subaéreos e escassos piroclastos que repousam em discordância sobre os derrames do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia. As lavas, constituindo extensos derrames quase horizontais, são particularmente identificáveis nalgumas zonas de Assomada.

Esta formação tem uma localiza-se entre as duas maiores elevações da ilha, o Pico da Antónia (1392 m) e a Serra Malagueta (1063 m). Está, portanto, em posição de receber uma recarga significativamente importante, pelo que foi mesmo catalogada como “*reservatório natural da ilha de Santiago*”.

9. Formação do Monte das Vacas (MV)

Esta formação está afigurada por cerca de cinquenta cones de piroclastos basálticos (tufos, bagacina, bombas, escórias) e pequenos derrames. Estes pequenos aparelhos adventícios, como é usual, são de dimensões reduzidas. É digno de registo que estes cones estão espalhados praticamente por toda a ilha, com predominância para as regiões Sul, Centro e Norte. Devido às suas características porosas, (a fácil infiltração das precipitações), têm, por isso, interesse hidrogeológico.

10. Formações Sedimentares recentes de idade Quaternária

Abundam na ilha as formações de idade quaternária, terrestres e marinhas; antigas e modernas aluviões, formando, ou não, terraços, depósitos de vertente, de enxurrada, areias dunares e praias marinhas em vários níveis até 100 m de altitude (Serralheiro, 1976 p.168-175). Estes depósitos aluvionares desempenham um papel hidrogeológico importante, em particular nos grandes vales de Este, Ribeira Seca e Ribeira dos Picos, nos quais a espessura pode exceder os 40 m.

Todavia, a alguma distância do mar (5 ou 10 km) a sua espessura decresce muito rapidamente. Na vertente Oeste, o pendor dos vales é, geralmente, bastante forte e, por isso, não permite a ocorrência duma toalha aluvial importante.

3.6. Hidrogeologia e Recursos Hídricos

Na sequência dos vários trabalhos realizados em 1969 e de 1971 a 1973, a empresa francesa BURGEAP preparou os verdadeiros alicerces que serviram de suporte aos trabalhos que vieram a ser realizados pelas NAÇÕES UNIDAS, assim como os que têm sido realizados pelos técnicos cabo-verdianos.

Por isso a ilha de Santiago tem recorrido a utilização de águas subterrâneas para abastecimento as suas populações rurais e urbanas, a fim de satisfazer as suas necessidades. Furos, poços, nascentes são os pontos de água que têm sido utilizados para a satisfação das necessidades em água potável às populações e pode-se dizer que a contribuição das *Águas Subterrâneas* têm respondido satisfatoriamente a essas exigências/necessidades.

Quadro 3. Recursos Hídricos (milhões de m³/ano)

Ilha	Precipitação mm (período médio)	Água Superficial (período médio)	Água Subterrânea		
			Bruto (período médio)	Explorável (período médio)	Explorável (período seco)
Santiago	323	56,6	42,4	26,0	16,5

Fonte: Projet PNUD/DDES CVI – 87 – 001 (1993 – 2005)

Também é de assinalar que, nos últimos anos, se recorreu à dessalinização da água do mar para reforçar o abastecimento em água potável à Cidade da Praia.

Perspectivando o desenvolvimento da ilha de Santiago, actualmente são aproveitadas e utilizadas as *Águas Superficiais* através de barragem (barragem de Poilão), ao mesmo tem-

se aproveitado as águas Subterrâneas, mas isso deve ser de forma rigorosamente controlada.

Com o suporte da Sequência Vulcanológica estabelecida por Serralheiro e apoiado pelo resultado dos trabalhos de Hidrogeologia realizados na ilha de Santiago há dezenas de anos, (desde finais do ano de 1971 até à presente data), foi possível estabelecer a Sequência Hidrogeológica para a ilha de Santiago, integrada pelas Unidades de Base, Intermédia e Recente.

3 - *Unidade Recente*, constituída pela Formação do Monte das Vacas, que é muito permeável. Por isso, não permite a retenção das águas que, por isso, se infiltram, privilegiadamente, em direcção ao aquífero principal. Também se integra nesta unidade as aluviões,

2 – *Unidade Intermédia*, constituída pelo Complexo Eruptivo do Pico da Antónia que, por sua vez, é constituída essencialmente por mantos basálticos subaéreos e submarinos. É a unidade geológica mais espessa, mais extensa e que facilita a circulação da água no seu seio, apresentando uma permeabilidade bastante superior à da série de base assumindo, assim, as características do aquífero principal. Também se inclui nesta unidade a Formação da Assomada.

1 – *Unidade de Base*, o Complexo Eruptivo Interno Antigo, a Formação dos Flamengos e a Formação dos Órgãos constituem esta unidade, que se caracteriza por possuir um grau de alteração relativamente elevado, o que lhe confere uma permeabilidade relativamente baixa.

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia hidrográfica de Saltos faz parte de uma das bacias hidrográficas do Concelho de Santa Cruz da ilha de Santiago. Encontra-se localizada na ilha de maior potencialidade agrícola, a nordeste do Concelho, sendo a parte jusante pertence ao Concelho de Santa Cruz e a de montante pertencente ao Concelho de Santa Catarina. Este ocupa uma área de 12,05 km². Tem uma população total de 2599 distribuídas nas zonas de Saltos Acima, Saltos Abaixo e Achada Laje.

Dentro desta bacia distingue-se três sub-bacias, ou seja, a sub-bacia de Ribeira Margosa, a sub-bacia de Ribeira Lem Dias e a sub-bacia de Ribeira Perreira.

4.1. Características Fisiográficas

É de grande importância no estudo do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas realçar as respectivas características fisiográficas: geometria, sistema de drenagem, relevo, geologia, solos e vegetação.

Nesta bacia as encostas têm declives muito acentuados, cortados por muitas linhas de água que se formaram pela acção da erosão hídrica. A cobertura vegetal é fraca na estação seca, tornando-se densa nas estações das chuvas devido a presença das culturas de sequeiro (exclusivamente milho e feijão) e das ervas gramíneas, segundo Duarte (1987). Para além disso, note-se a presença de algumas essências florestais, como por exemplo, o *Ziziphus mauritiana* (zimbrão), Tamarindeiro, Mangueira, *Prosopis juliflora* (acácia americana), etc. Pratica-se a agricultura de regadio nas margens de leito principal, sendo essas culturas regadas com água bombada a partir dos poços e/ou furos. A geologia da bacia hidrográfica de Saltos atravessa formações geológicas diferentes, apresentando deste modo complexidade na descrição da sua geologia/litologia. A sua linha de água principal atravessa várias formações: aluviões, basaltos do PA, formação dos Flamengos e CA. Os Quadro 4 -5 ilustram as características morfológicas e fisiográficas respectivos tributários dos principais sistemas hidrográficas e os valores dos números de escoamento (CN) das sub-bacias hidrográficas da Ribeira Saltos calculados em função das condições de superfície e dos grupos hidrológicos do solo

Quadro 4. Características morfológicas e fisiográficas respectivos tributários dos principais sistemas hidrográficas da Ribeira de Saltos

Sistemas hidrográficas	Áreas (Km ²)	Talwegues (m)	Declive médio (%)	Perímetro (m)	Coeficiente de Forma	Índice de Gravelha
Ribeira Pereira	0,43	900	16	2600	0,53	1,2
Ribeira Margosa	0,27	1200	13	2700	0,19	1,45
Ribeira Lem Dias	0,20	1120	21	3000	0,16	1,88
Ribeira de Asno	0,67	1600	8	3900	0,26	1,33
Ribeira Mato Garça	0,22	800	22	2500	0,34	1,49
Ribeira P. Carreiras	1,6	1500	20	4200	0,71	0,93
Ribeira Cubemba	0,29	350	10	2120	2,36	1,10
Ribeira Covão Lopes	0,41	1300	18	4200	0,24	1,84
Ribeira Forno	0,15	400	32	1350	0,94	0,88
Ribeira da Cruz	0,27	900	26	4300	0,33	2,33

Fonte: Martins, Edelmira. (2008)

Quadro 5. Valores dos números de escoamento (CN) das sub-bacias hidrográficas da Ribeira Saltos calculados em função das condições de superfície e dos grupos hidrológicos do solo

Sub-bacias hidrográficas	Grupos hidrológicos do solo	Condições de superfície	Percentagem (%)	Nº de escoamento (CN)	Produtos (4X5)	CN ponderado	Max retenção potencial (S) (mm)	Abstracção inicial (I) (mm)
Ribeira Pereira 1. Ribeira Mato Garça 2. Ribeira da Cruz	B	1. Agricultura em terraços e muretes nas encostas e vales corrigidos e com árvores dispersas;	35	64	2240	$7756/100=75.86$	16.17	3.23
	D	1) Afloramentos rochosos com alguma vegetação;	35	94	3290			
	C	Pastagens das encostas com árvores dispersas;	30	62	1860			
	D	• Zonas urbanizadas.	2	98	196			
Ribeira Margosa 1. Ribeira de Asno 2. Ribeira P. Carreiras Ribeira Lem Dias 1. Ribeira Cubemba Ribeira Covão Lopes Ribeira Forno	B	• Agricultura de sequeiro e regadio em terraços e muretes nas encostas e vales corrigidos, c/ árvores dispersas;	30	64	1920	$6956/100=69.56$	22.23	4.45
	D	2 Afloramentos rochosos com alguma vegetação;	35	94	3290			
	C	3 Pastagens das encostas com árvores dispersas;	25	62	1550			
	D	4. Zonas urbanizadas.	2	98	196			
Totais	-	-	159	572	12302	145,42	38,4	7,68
Médias	-	-	-	-	7267	72.67	19.19	3.84

* De acordo com “SCS/USDA (1974)

4.2. Características Climáticas

Os Climas secos (áridos e semi-áridas) são caracterizados pelo facto da precipitação (volume de chuvas) ser menor do que a taxa de evaporação e transpiração.

A bacia hidrográfica de Saltos fica situada numa zona de clima árida e de microclimas: árida litorânea, semi-áridas sublitorânea, sub húmido interior e sub húmido/ semi-áridas, sublitorânea e sub húmido/ semi-áridas interiores e sublitorânea. Os valores da precipitação, temperatura, vento, humidade relativa, radiação solar e insolação e evaporação e evapotranspiração caracterizam o clima da área de estudo.

4.2.1. Precipitação

A precipitação é a base dos recursos hídricos para o nosso país, em geral e para a bacia hidrográfica da ribeira de Saltos, visto que a precipitação é considerada um dos principais elementos da diferenciação climática das climas áridas e semi-áridas, onde a agricultura é muito sensível à irregularidade das precipitações.

Desde muitos anos tem sido bem marcado uma irregularidade na queda das precipitações, sendo no mês de Setembro é que se regista maior precipitação. Assim, os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são alimentados pelas precipitações. Uma porção de água da precipitação ao interceptar-se com o solo e as folhas das árvores evapora-se. A outra parte escoar-se à superfície, designada por escoamento superficial, atingindo o oceano através das redes hidrográficas e uma pequena quantidade infiltra-se alimentando desta forma os aquíferos.

Quadro 6. Valores médios mensais de precipitação real e efectiva e de evapotranspiração potencial calculados pelo método do United States Bureau of Reclamation (USBR) – Dados obtidos da Estação de Santa Cruz (LN = 15°; Altitude = 15 metros). Período: 1982-1997.

Mês	Precipitação real (mm)	Precipitação efectiva (mm)	Evapotranspiração potencial (mm/dia)
Janeiro	5.0	5.0	3.12
Fevereiro	0.3	0.3	4.08
Março	0.0	0.0	4.57
Abril	0.0	0.0	5.21
Maio	2.2	2.2	5.38
Junho	0.0	0.0	5.47
Julho	10.2	10.0	4.50
Agosto	114.2	88.1	4.12
Setembro	79.9	67.1	3.82
Outubro	36.4	33.8	4.07
Novembro	16.1	15.6	3.68
Dezembro	8.2	8.1	3.24
Anual	272.5	230.5	1559

Fonte: Sabino (1999)

Quadro 7. A evolução das precipitações médias, recursos hídricos (período de 1955-1997), áreas regadas e potencialmente irrigáveis nas principais bacias hidrográficas da ilha de Santiago.

BACIAS HIDROGRÁFICAS	SUPER- FICIE (km ²)	PRECIPITA- ÇÃO MÉDIA (mm)	RECURSOS HÍDRICOS (m ³ /dia)			ÁREAS REGADAS IRRIGÁVEIS (ha)	POT. (ha)
Ilha de Santiago:		PH PS	1956 1969 1972			PDRH a)	PDRH
			1981 1997			DR/MAA	DR/MAA
Salto	19.0	480 350	- - 300				19
			ND ND				

Fonte: Sabino, A. A., (1997)

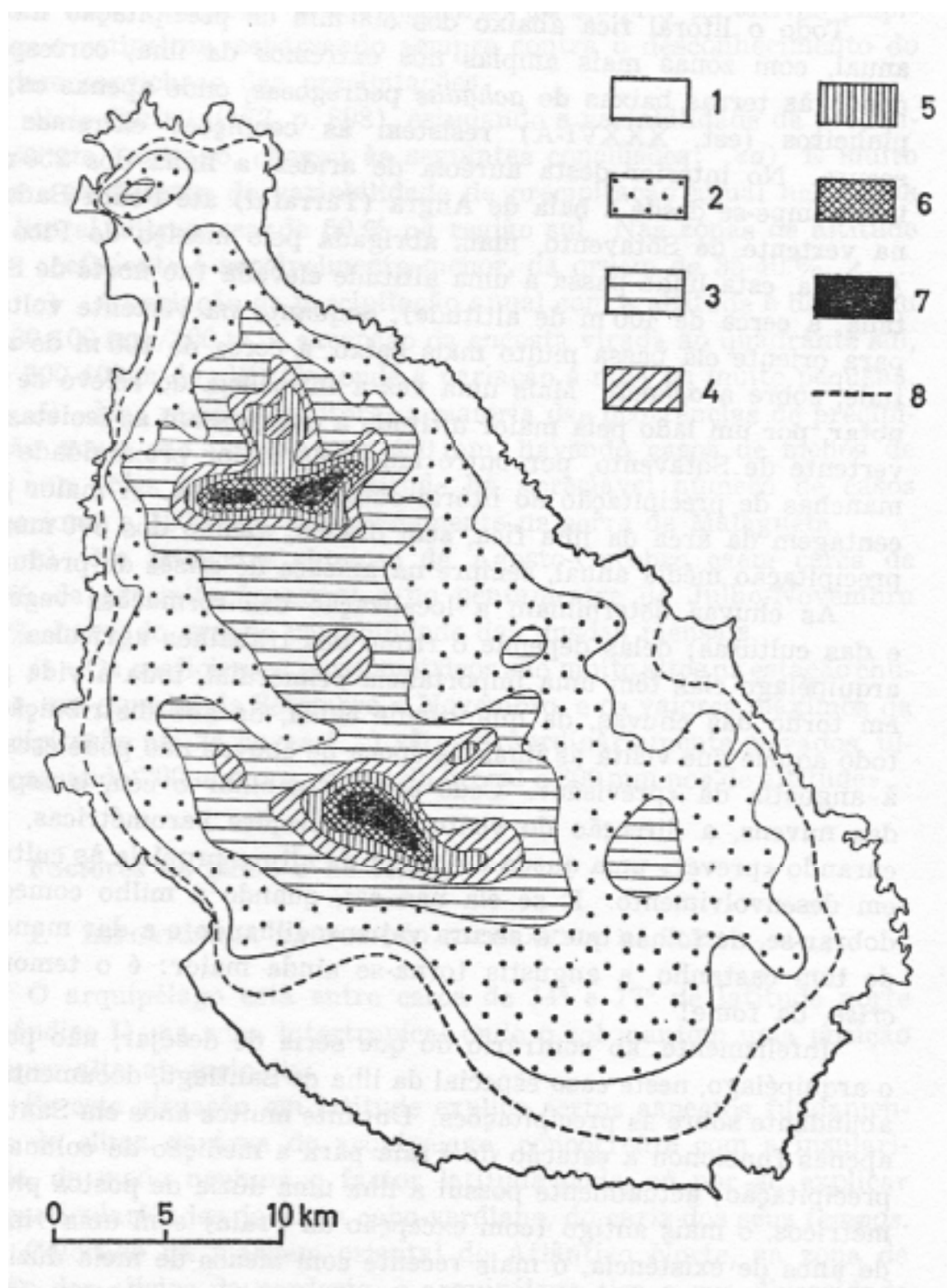


Figura 3. Distribuição das chuvas na área de Santiago (baseado em Reis Cunha, 1972) citado por Mota Gomes. 1 – Inferior a 300 mm; 2 – de 300 a 500; 3 – de 500 a 700; 4 – de 700 a 800; 5 – de 800 a 900; 6 – de 900 a 1000; 7 – superior a 1000 mm; 8 – curva de 250 mm.

Fonte: Amaral (1964).

4.2.2. Temperatura

De uma maneira geral, em Cabo Verde, os valores médios da temperatura do ar não influenciam negativamente o desenvolvimento das plantas cultivadas.

Quadro 8. Valores médios de temperatura, radiação solar, velocidade do vento, evaporação, humidade relativa, insolação, para as áreas de ribeira de Saltos (Estação de Santa Cruz: 1983-1997)

Anos	Temperatura média (°C)	Pressão de vapor (mbar)	Velocidade do vento (m/s)	Evaporação (mm/mês)	Humidade relativa (%)	Insolação (horas)	Evapotranspiração (mm)
1983	24.0	20.3	1.8	139.9	75.5	166	100.1
1984	23.7	19.6	2.1	146.3	85	141	86.7
1985	23.7	20.1	1.9	131.8	83.5	169.3	96.1
1986	21.2	19.2	1.7	147.1	78.5	162.7	103.7
1987	24.3	20.4	1.3	151.2	78	189	103.6
1988	24.1	20.3	1.0	88.8	79.5	178	88.8
1989	24.2	-	1.7	105.0	72	181	105
1990	24.0	24.2	1.2	110.8	79.5	171	110.2
1991	24.0	-	-	-	79	-	-
1992	23.4	-	-	-	78	-	-
1993	22.7	-	-	-	76.5	-	-
Médias	23.6	20.5	1.6	127.6	78.6	169.8	99.3

Fonte: Sabino (1999)

As temperaturas são geralmente moderadas devido à influência marítima e os valores médios anuais são de 25° C. A temperatura mínima ocorre normalmente em Janeiro, enquanto que a máxima ocorre em Setembro ou Outubro. Os dados da temperatura da

região, não indicam qualquer constrangimento no que diz respeito ao cultivo das espécies tradicionalmente cultivadas na bacia. A temperatura mínima ocorre normalmente em Janeiro, enquanto a máxima ocorre em Setembro ou Outubro.

4.2.3. Vento

Como acontece em todo o arquipélago são três as massas de ar que frequentam no país: o alísio do nordeste, a monção do Atlântico do sul e o harmatão. Durante o período de Novembro a Julho predominam os alísios soprando do quadrante NE, de Julho a Outubro os ventos do SW.

4.2.4. Humidade relativa

A bacia de Saltos por se localizar no interior da ilha de Santiago e no concelho de Santa Cruz, apresenta um valor da humidade relativa elevada, devido ao efeito do factor altitude que, faz com que a temperatura se baixe, por cada 100m 0,6°C e a humidade relativa ao contrário aumenta (na troposfera).

A humidade relativa cresce de um mínimo em Fevereiro/Março até um máximo em Setembro; de Outubro a Janeiro decrescem.

4.2.5. Radiação solar e insolação

Os dados do Quadro 8 indicam um aspecto muito importante, que é há grande variedade inter-anual de insolação, sugerida pela distribuição entre o máximo e o mínimo de valores registados anualmente. A insolação é geralmente elevada dada a fraca nebulosidade e ao longo período seco. No mês que vai de Março a Junho a insolação é muito elevada, devido a aridez da zona.

4.2.6. Evapotranspiração

Os valores da evapotranspiração da área de estudo estão ilustrados no Quadro 6. A evapotranspiração potencial é sempre superior as precipitações atingindo os máximos em Junho com 164,1mm e mínimo em Janeiro com 93,6 mm, embora durante o período de Agosto a Outubro haja uma compensação devido ao aumento de precipitações que não deixam de continuar a ser inferiores a evapotranspiração na sua globalidade. A média mensal anda a volta dos 130 mm mas este valor assim como a precipitação média variam ao longo da bacia hidrográfica a medida em que se caminha em altitude.

4.3. Os Solos e a Vegetação

4.3.1. Os solos

No nosso planeta, solo é um recurso natural básico que suporta toda a cobertura vegetal da terra, pelo que na sua ausência a vida seria quase impossível.

O solo é essencialmente ocupado por uma exploração agrícola intensiva, associada à criação de gado, o que condiciona a construção de pocilgas, bebedouros e cercos tradicionais para a criação de animais. Uma parte é ocupada pelas construções antigas, alguns reservatórios e as restantes encontram-se livres devido a insuficiência de água.

A existência de solos do tipo «fluvisolos êutricos» (Quadro 9) e uma textura que varia desde muito leve a médio e com excelente vocação para a prática de agricultura de regadio, associada a uma política de aumento da quantidade de água, permite a intensificação da rega das culturas, constituindo assim um verdadeiro potencial ao desenvolvimento do Concelho e da comunidade de Saltos.

4.3.2. A Vegetação

A consideração de um revestimento de uma bacia hidrográfica e do seu tipo de utilização tem também importância na análise dos fenómenos hidrogeológicos que ocorrem na bacia, principalmente pela sua influência no escoamento superficial e infiltração.

Assim, nomeadamente a ausência de florestas, no Saltos, e o impacto directo das gotas da chuva sobre a superfície do solo e ao modificar as próprias características do solo, reduz a infiltração e favorece a velocidade de escoamento superficial, contribuindo eficazmente para o aumento dos fenómenos da erosão e de ocorrência de grandes cheias e redução das reservas hídricas subterrâneas.

Provavelmente a actividade humana ligada a criação extensiva do gado e à agricultura terá rompido o frágil equilíbrio ambiental das ilhas e favorece uma drástica diminuição da vegetação e alterando a sua flora original. E a bacia hidrográfica de Saltos não é excepção.

No entanto, devemos ter em linha de conta que a insularidade e a origem vulcânica, condicionaram seriamente a cobertura vegetal. Os ciclos de seca e curta estação húmida são factores naturais que limitam a formação de uma vegetação arbórea densa, o que justifica uma vegetação espontânea, predominantemente herbácea, pontuada de alguns arbustos e árvores.

Quadro 9. Características agro-ecológicas da bacia hidrográfica de Saltos

Símbolo	Morfologia	Altitudes Médias (m)	Declive (%)	Geologia/Litologia	Zona Climática	Solos	Vegetação	Limitações Principais	Uso actual dos solos	Utilização Preconizada
Alx.5	Baixas ribeirinhas muito expressivas	4 -50	1 – 3	Depósitos aluvionares finos e grosseiros	Árida litorânea	Fluvissoles êutricos (Je), de origem aluvionares, em fundos de vale e nos traços fluviais antigos	Clitoria, Boerhavia, Corchorus, Aerva, Plantago, Acanthospermum, Datura	Riscos de inundação; carência de disponibilidades hídricas	Ocupação rural intensa; culturas diversificadas de regadio (bananeira, mandioca, hortícolas, cana, batata doce, papaeiras)	Melhorias das condições de utilização e controlo das enxurradas, intensificação cultural
Alx.5	Baixa aluvial correspondente a base de vale encaixada	5/20 – 60/90	1 – 3	Depósitos aluvionares de matérias finas e grosseiros	Semi-árida sublitorânea	Fluvissoles êutricos (Je), de origem aluvionar e Fluvissoles êutricos (Je), de origem coluvionar na base de encostas	Amaranthus, Argemone, Datura, Setaria, Centáurea, Brachiaria, Panicum, Cynodon	Limitações à expansão e intensificação cultural devido à escassez hídrica e cobertura de material grosseiro	Ocupação rural intensa; culturas variadas de regadio na baixa ou em terraços laterais	Intensificação na base de culturas hidricamente menos exigentes (batata doce, abóbora, mandioca); aumento das áreas de cultivo (diques, despedregas, cobertura com materiais finos)

AIIX.7	Bases de vale relativamente estreitas irradiando do interior	60/250 – 120/340	3 – 45	Depósitos aluvionares mais ou menos finos	Sub húmido interior e sub húmido/ Semi-árida sublitorânea	Fluvissois êutricos (Je) finos e grosseiros; de origem aluvionar e coluvionar (terraços e base de encosta)	Amaranthus, Argemone, Sonchus, Bidens, Brachiaria, Panicum, Cynodon	Recursos hídricos limitados; áreas de depósitos grosseiros impróprias	Ocupação rural intensa; com culturas de regadio em orlas da baixa, terraços e banquetas, estas nos fundos das encostas	Medidas de intensificação cultural: aumentos dos recursos hídricos; correção torrencial; expansão das áreas (diques, despedregas, cobertura com materiais finos)
AIIB.7	Vales muito largos englobando a baixa fluvial e encostas adjacentes de pendor suavizado	60/150 – 100/300	3 – 4 Talvegues e 10 – 30 (encostas)	Depósitos de base de vale e encostas adjacentes suaves talhadas em materiais do CA e Flamengos	Sub húmido/ Semi-árida interior e sublitorânea	Cambissolos êutricos (Be) e Castanozem es háplicos (Kh), nas encostas; Fluvissois êutricos (Je) em fundos de Vales	Amaranthus, Argemone, Rynchelytrum, Cynodon, Trichodesma, Vermonia, Erigeron	Escassez em recursos hídricos, encostas susceptíveis à erosão	Ocupação rural intensa; pequenos regadio na baixa e sequeiro na encosta (feijão Congo, milho e lablab)	Intensificação cultural no fundo dos vales com regadio; sequeiro na encosta até aos 45/50% de declive, com armação em banquetas ou muretes (cajanus, vigna, lablab, milho)
AIIE.20	Relevo retalhado por cristas e vales que irradiam de linhas de fecho separando as ribeiras principais	100/180 – 300/480	-	Mantos submarinos de rochas basálticas dos Flamengos; mantos subaéreos de basaltos de PA	Sub húmido/ Semi-árida interior e sublitorânea	Cambissolos êutricos (Be) e Litosolos (L) Phaeozemes háplicos (Hh) distribuindo-se consoante o relevo	Blainvillea, Desmanthus, Pennisetum, Indigofera, Caylusea, Hyparrhenia, Setaria	Superfície muito dessecada; solos de reduzida espessura; escoamento rápido	Ocupação rural acentuada disseminada por cumes, plataformas e encostas suaves; culturas de sequeiro e regadios nos vales	Compartimentação de paisagem: culturas perenes ou em consociação (Cajanus, feijões, milho) revestimento permanente (vegetação natural) em declives acima dos 45/50%

AIIf.19	Relevo movimentado de cristas aceradas em alternância com vales entalhados	20/80 – 300/400	30 – 60	Formação dos Flamengos (mantos e piroclastos); formação do PA (mantos subaéreos e submarinos)	Semi-árida sublitorânea e litorânea	Litossolos (L) dominantes e Cambissolos éutricos (Be)	Bidens, Blainvillea, Caylusea, Desmanthus Rynchelytrum, Sida, Merremia, Oldenlandia	Declives excessivos; escoamento rápido; reduzida espessura dos solos	Ocupação rural confinada aos locais favorecidos e dominantes de vales utilizáveis	Florestamento de áreas propícias; técnicas tendentes à recuperação do coberto vegetal primitivo
AIIf.19	Aplanação muito perfeita em pente suave para o litoral NE	120/200 – 200/320	4 – 6	Mantos subaéreos de basaltos, basanitos e basanitóides do PA	Semi-árida sublitorânea e litorânea	Vertissolos (V) e Cambissolos vérticos (Bv); Castanozem es hálpicos (Kh) nalguns locais	Bidens, Blainvillea, Caylusea, Desmanthus Rynchelytrum, Sida, Merremia, Oldenlandia	Bastante perigosidade; vento forte e persistente	Ocupação rural bastante incidente; agricultura de sequeiro (milho e feijão) e pastagem	Ciclo de culturas de sequeiro alternando com períodos de pastagem (melhoramentos dos pastos)

Fonte: Orta (1986).

4.4. Agricultura e pecuária

Sendo no nosso país o clima é factor dominante no condicionamento das actividades agrícola, a bacia hidrográfica de Saltos não foge a regra, fazendo com que o sector seja muito vulnerável em termos de produção.

Com o aparecimento de frequentes episódios de seca provocada pela grande vulnerabilidade das precipitações anuais, as análises agro climáticas evidenciam uma diminuição da duração da estação húmida.

O sector agrícola sofre constrangimentos naturais resultantes da aridez do clima local, da limitação de terras aráveis e em recursos hídricos.

Devido à escassez dos recursos naturais de base, sobretudo solo e água, ao sistema de exploração e às condições climáticas pouco favoráveis, o sector agrícola caracteriza-se por uma grande vulnerabilidade em termos de produção.

Apesar das dificuldades que o clima impõe a agricultura, este sector constitui a principal actividade da produção rural.

A pecuária é uma actividade, praticada pela maioria das populações rurais e semi-urbanas, que esteve sempre ligada a prática da agricultura de sequeiro ou de regadio, desempenhando um papel complementar. De uma maneira geral é uma actividade familiar. A bovinicultura, suinicultura, caprinicultura e avicultura são explorações mais expressivas, principalmente no meio rural.

A pecuária do concelho de Santa Cruz e, particularmente, na localidade de Saltos, é semelhante às outras comunidades do país, onde tanto se pratica agricultura de sequeiro e de regadio. Apesar da aleatoriedade devido à irregularidade das chuvas tanto no espaço como no tempo, a pecuária de Saltos continua a ser uma actividade complementar a agricultura, trata-se de uma pecuária tradicional e de subsistência e que envolve praticamente todas as famílias.

5. HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

5.1. Caracterização geral

A hidrologia subterrânea da região ou do aquífero em estudo, e que procedem da informação dos utentes dos pontos de água (lugar, donde devido a acção do homem, se tem um acesso directo ou indirecto a um determinado aquífero, tais como, poços, furos, galerias, etc.).

A hidrologia é uma ciência que se ocupa do estudo das águas das terras, da sua ocorrência, circulação e distribuição, das suas propriedades físicas e químicas, das suas interações com o meio, incluindo as relações com os seres vivos. Tem uma importância fundamental para a bacia hidrográfica de Saltos. A hidrologia ocupa de dois grandes ramos: a hidrologia superficial e hidrologia subterrânea.

A hidrologia superficial tem por objectivo o estudo das águas superficial enquanto a hidrologia subterrânea estuda as águas subterrâneas, a sua circulação e o seu armazenamento.

Em Cabo Verde as águas têm a sua origem a partir das precipitações. Torna-se, por isso, indispensável e prioritária estudar o seu melhor aproveitamento de modo a tirar o máximo proveito em favor da satisfação das necessidades da bacia hidrográfica de Saltos e da sua população, através do processo do ciclo hidrogeológico.

Os recursos hídricos na bacia hidrográfica de Saltos vêm atravessando grandes dificuldades provocadas pela seca que há muito, vem afectando o nosso país essencialmente agrícola e sendo essa ligado a pecuária a principal actividade económica da maioria da população. Podemos dizer que uma simples falta de chuva num ano agrícola, origina o êxodo rural e desemprego a um número elevada de pessoas.

Não obstante, a exploração excessiva dos poços e furos devido a seca, a falta de controlo rigoroso e constante dos pontos de água vêm contribuindo para a diminuição dos caudais de exploração.

Estima-se que existem cerca de 27 poços, 3 furos e algumas nascentes. Dos poços existentes somente três têm água permanente.

5.2. Hidrogeologia da Área de Estudo

5.2.1. Descrição do modelo

Considera-se o regime de escoamento como permanente quando o aquífero é alimentado com um caudal igual ao aquele que dele se extrai. Contudo, na maior parte dos casos a medida que se extrai um volume de água de um poço, cria-se em seu redor no aquífero um cone de depressão, que aumenta a medida que a bombagem prossegue. O regime é, pois, variável, podendo eventualmente atingir um estado em que as variações de nível são tão pequenos que o regime se possa considerar como permanente.

Se considerarmos um poço aberto num aquífero confinado, de espessura constante, apoiado numa camada horizontal e se ϕ_0 for a carga hidráulica inicial sobre a horizontal, num ponto escolhido, o nível piezométrico vai baixando de s , a medida que se vai extraíndo um volume, V .

O rebaixamento, $s = \phi_0 - \phi$, é função do instante, t , e da distância, r :

$$s = f(r, t)$$

Para definir esta relação, há primeiro que estabelecer a equação do escoamento em regime variável, num meio poroso saturado.

Assim de acordo com a lei da conservação da massa, num escoamento em regime variável através de um meio poroso saturado, têm que ser iguais a diferença entre os caudais da massa do fluido entrada e saída de um volume elementar e a taxa de variação com o tempo da massa do mesmo fluido armazenada no interior desse mesmo volume elementar; a equação da continuidade reveste neste caso, a seguinte forma:

$$\partial(\rho V_x / \partial x) + \partial(\rho V_y / \partial y) + \partial(\rho V_z / \partial z) = \partial(\rho n / \partial t)$$

Em ρ é a massa específica da água; n a porosidade do meio saturado; V_x , V_y e V_z as componentes da velocidade do escoamento nas várias direcções.

Para um líquido incompressível, ou que como tal possa ser considerado, como é geralmente o caso da água, as variações da massa específica, ρ , podem ser desprezadas, pelo que a equação anterior pode ser simplificada para:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = \frac{\partial n}{\partial t}$$

Aceitando que o armazenamento específico do aquífero, S_s , pode ser expresso, por definição, por:

$$S_s = \frac{\partial n / \partial t}{\partial s / \partial t}$$

E recorrendo a lei de Darcy generalizada, admitindo que $\partial \phi = -\partial s$, a equação pode ser transformada em:

$$(\partial / \partial z) (K_x \partial s / \partial x) + (K_x \partial s / \partial y) + (\partial / \partial z) (K_z \partial s / \partial z) = S_s$$

Que é a equação do escoamento em regime variável num meio poroso saturado anisotrópico. Se o meio for homogéneo e isotrópico, a equação reduz-se a:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial z^2} = (S_s / K) (\partial s / \partial t)$$

Para o caso especial de um aquífero confinado horizontal de espessura b ,

$$\partial s / \partial z = 0,$$

$S = S_s \cdot b$ e $T = K \cdot b$, pelo que a equação anterior reveste a seguinte fórmula:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial y^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial s}{\partial t}$$

Ou em coordenadas cilíndricas, através da relação $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$\frac{\partial^2 s}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial s}{\partial t}$$

Esta equação foi desenvolvida por Theis a partir das seguintes condições de fronteira para:

$$s(r, 0) = 0 \quad (\text{para qualquer valor de } r)$$

$$s(\infty, t) = 0 \quad (\text{para qualquer valor de } t)$$

$$\lim_{r \rightarrow 0} (r) \left(\frac{\partial s}{\partial r} \right) = \frac{Q}{2\pi T} \quad (\text{para } t > 0)$$

A terceira condição resulta da aplicação da lei de Darcy a parede cilíndrica de um poço, e exige que o caudal Q extraído seja constante.

A expressão obtida para a incógnita s foi a seguinte:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) = 0,08 \frac{Q}{T} W(u)$$

Em que:

$$u = \frac{S r^2}{4 T t}$$

A função $W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$ é conhecida por «função do poço»

Na prática, para determinar T e S de um aquífero usando valores de ensaios de bombagem, a caudal constante, procede-se do seguinte modo:

1. Marca-se um sistema de eixos ortogonais logarítmicos, u e W , sendo u arbitrado e W dado pelas tabelas; a curva assim obtida designa-se por curva padrão;
2. Noutro sistema de eixos, em papel logarítmico transparente com as mesmas escalas que o anterior, se marcam os seguintes valores próprio do aquífero em estudo: $\log s$ e $\log (r^2/t)$, sendo s os rebaixamentos obtidos em vários piezómetros instalados à distância r do poço, no instante t . Obtém-se assim a curva do poço;
3. Sobre põe-se os dois gráficos de modo que a curva do poço coincida o mais possível com a curva padrão, mantendo o paralelismo dos eixos;

4. Selecciona-se então um ponto qualquer, tanto quanto possível comum às duas curvas: ponto de coincidência. Este ponto é definido por quatro coordenadas ($W(u), u$) no gráfico transparente.

O ponto de coincidência deve corresponder a um tempo grande de bombagem (da ordem de 12h, por exemplo).

A relação entre estas coordenadas é dada pela equação:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) = 0,08 \frac{Q}{T} W(u)$$

Em que:

$$u = \frac{S r^2}{4 T t}, \quad \text{vindo na forma logarítmica.}$$

A equação de Theis pode ser aplicada aos aquíferos freáticos, desde que possam admitir, sem grande erro, os pressupostos gerais em que foi estabelecida. Assim os rebaixamentos ocorridos, s , devem ser reduzidos quando comparado com a espessura saturada do aquífero, $b = h_0$ ($10 s < b = h_0$), os movimentos da superfície livre devem ser lentos e a inclinação da mesma superfície deve ser pequena (zona longe do poço). Na aplicação da equação de Theis aos aquíferos freáticos, e de acordo com o referido ($T = K(z) dz$), o valor do coeficiente de armazenamento, S , deverá ser substituído pelo da porosidade efectiva, n_e .

5.2.2. Fórmula simplificada de Jacob

O modelo de Jacob foi utilizado para determinação da curva característica do aquífero e por conseguinte para o cálculo transmissividade e coeficiente de armazenamento.

A função $W(u)$ pode desenvolver-se em série, como se segue:

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = 0,5772 - \ln u - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-u)^i}{i \cdot i!}$$

Expressão que permite o seu calculo.

Para valores de u muito pequenos ($u < 0,03$), pode dispensar-se a série, vindo a fórmula simplificada de Jacob expressa em logaritmos decimais:

$$s = 0,183 \frac{Q}{T} \log (2,25 (T / S) \cdot (t / r^2))$$

A fórmula pode ainda escrever-se:

$$\frac{s}{Q} = \frac{0,183}{T} \log (2,25 \frac{T}{S}) + \frac{0,183}{T} \log \frac{t}{r^2}$$

Marcando em ordenadas s/Q e em abcissas $\log (t^2/r)$, valores estes obtidos a partir de ensaios de bombagem, para o que se pode utilizar papel semi-logarítmico, obtém-se uma recta, cujo coeficiente angular é:

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,183}{T}$$

o que permite calcular a transmissividade do terreno.

Para obter a $\text{tg } \alpha$, procura-se, por facilidade, o valor de $\Delta (s/Q)_{10}$ correspondente a dois valores de (t/r^2) afastado de um módulo logarítmico completo. Será, então:

$$T = \frac{0,183}{\Delta (s/Q)_{10}}$$

A recta corta o eixo das abcissas num ponto $(t/r^2)_0$ definido por $s/Q = 0$, isto é:

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{0,183}{T} \log (2,25 \frac{T}{S}) + \frac{0,183}{T} \log (t/r^2)_0 \\ &= \frac{0,183}{T} \log \left[2,25 \frac{T}{S} (t/r^2)_0 \right] \end{aligned}$$

pelo que :

$$2,25 (T/S) (t/r^2)_0 = 1$$

Donde se obtém o coeficiente de armazenamento da formação, S :

$$S = 2,25 T (t/r^2)_o$$

Na prática sempre que se trabalha com os dados de um só poço, marcam-se no gráfico semi-logarítmico apenas valores de s e de t (fig. 5), e as equações são utilizadas nas seguintes formas:

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s_{10}}$$

$$S = 2,25 T (t/r^2)_o$$

Nestas equações Δs_{10} corresponde à diferença de rebaixamentos entre dois valores de t afastados de um módulo logarítmico completo e t_o corresponde a $s = 0$.

6. A INTRUSÃO SALINA E A BARREIRA FÍSICA ARTIFICIAL

6.1 - A Intrusão Salina

Em muitas zonas costeiras os aquíferos estão em contacto directo com a água do mar. Enquanto a água doce se escoia para o mar, a água salgada mais densa, tende a penetrar no aquífero, constituindo uma cunha sob a água doce. Este fenómeno é designado por intrusão salina.

Admitindo que o escoamento da água subterrânea se processa horizontalmente e que, em consequência, a carga hidráulica se mantém constante ao longo de qualquer vertical, que não existe escoamento de água salgada e que a interface entre as águas dos dois tipos é um plano, não existindo uma zona de mistura, a consideração do equilíbrio estático de colunas de água de densidades diferentes conduziu-os à seguinte relação:

$$(h + z) \gamma_d = z \gamma_s$$

em que: h é a altura, em relação ao nível do mar, da água doce na vertical de um ponto A da interface; z a profundidade, abaixo do nível do mar do mesmo ponto A; γ_d o peso específico da água doce (cerca de 9810 N/m^3); γ_s o peso específico da água salgada (cerca de 10055 N/m^3).

Consequentemente:

$$z = \frac{\gamma_d}{\gamma_s - \gamma_d} h \approx 40 h$$

pelo que a interface se situa a uma profundidade, sob o nível do mar, igual a cerca de 40 vezes a altura da água doce sobre o nível médio da água do mar, na mesma vertical.

A penetração máxima da cunha de água salgada, L , é limitada pelo fundo impermeável do aquífero, que é atingido para:

$$L = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} z_0 \approx \frac{z_0}{40}$$

Sendo z_0 a profundidade da base do aquífero em relação ao nível médio do mar.

A lei de Ghyben – Herzberg descreve correctamente a posição da interface apenas se a espessura da zona de mistura for pequena, comparada com a profundidade, e se o movimento da água for praticamente horizontal e permanente. No entanto, mesmo na ausência de uma zona de mistura das águas, a lei indicada não descreve correctamente a posição da interface junto ao afloramento do aquífero no mar, uma vez que o estreitamento da secção de saída no escoamento da água doce, motivado pela cunha de água salgada, provoca a aceleração da velocidade de circulação da água doce e aparecimento de componentes verticais. Este aumento de velocidade provoca um aumento do gradiente, dele resultando que o nível de água no aquífero terá uma cota superior à que seria de esperar considerando o escoamento como rigorosamente horizontal. Por outro lado, a saída de água doce para o mar efectua-se por uma faixa – superfície de ressurgência – e não por uma linha (em corte, por um troço do perfil da costa e não por um ponto).

O escoamento da água doce para o mar, num aquífero confinado, pode ser deduzido pela seguinte fórmula, obtida a partir da lei de Darcy:

$$q = \frac{1}{2} \frac{(\gamma_s - \gamma_d)}{\gamma_d} \frac{Kb^2}{L}$$

Em que: q é o caudal da água doce por unidade de largura da costa; o peso específico da água doce; γ_s o peso específico da água do mar; K a condutividade hidráulica do aquífero; b a respectiva espessura saturada; L o comprimento da cunha da água do mar.

A fórmula pode ser também aplicada a aquíferos freáticos, substituindo b pela altura da superfície livre, desde que o gradiente desta se não afaste muito da horizontal.

A extracção de grandes caudais de água doce subterrânea, perto da linha da costa, pode reduzir ou mesmo inverter o seu gradiente natural em relação ao mar, com consequências catastróficas, provocando o avanço da cunha de água salgada no interior do aquífero e o consequente «salgamento» dos poços que nele se abastecem. Uma vez ocorrido este fenómeno, é muito demorada a sua correcção, devido à maior densidade da água do mar do que a da água doce.

Como métodos de prevenção ou controle da intrusão salina podem ser indicado os seguintes:

1. Redução dos caudais captados nos poços costeiros;
2. Recarga artificial directa da água doce nos pontos mais indicados;
3. Manutenção de uma barreira à penetração de água salgada, ao longo da costa, por bombagem de água salgada;
4. Manutenção de uma barreira à penetração de água salgada, ao longo da costa, por injeção de água doce;
5. Construção de barreiras físicas artificiais subterrâneas.

6.2. Barreira Física Artificial de Luta Contra a Intrusão Salina Construído na Foz da Ribeira de Saltos

Vários problemas derivados das secas prologadas, com efeito, a luta sistemática contra a desertificação tenham sido levados a bom termo, sobretudo através dos projectos de desenvolvimento rural, em particular, da conservação de solo e água.

Um dos trabalhos dos projectos de conservação de solo e água, nomeadamente, “projectos de ordenamento das bacias hidrográficas de Santa Cruz, Saltos, Flamengos e São Miguel”, foi a construção de um dique de alvenaria hidráulica com galeria interna com as seguintes características:

1. Altura acima da superfície natural do terreno até ao descarregador ...2.50 m
2. Altura do descarregador.....1.00 m
3. Distância entre espaldas 30.00 m
4. Comprimento do dique77.00 m
5. Largura na base 4.00 m
6. Largura no coroamento 1.60 m
7. Profundidade da fundação 4.00 m

A galeria interna colectora de água através das barbacãs ou veias de água tem as seguintes dimensões:

1. Largura:
 - do canal 0.40 m

- do passeio 0.60 m
- 2. Profundidade do canal 0.60 m
- Altura da galeria acima do passeio 2.00 m

O corpo do dique é construído essencialmente de duas partes:

1. Uma parte permeável com barbacãs servindo de veias de água e munido de filtros de pedras de granulometria seleccionada;
2. Outra parte a jusante impermeável também de alvenaria argamassada rebocada ao traço 1:3.

A galeria é abobadada inspeccionável através de dimensões 0.80x0.80x7.5, construída na margem esquerda e assente sobre rocha existente. Nessa câmara será instalada um grupo de moto-bombas destinado à rega das terras a jusante através de um reservatório de pequena capacidade 40m³ construído na mesma margem.

Tratando-se de terrenos situados a pouca distância do mar e em virtude de existência de muitos poços a montante do dique torna-se necessário tomar precauções contra a intrusão salina. Por esta razão a câmara colectora é munida de uma válvula de grande diâmetro, $\varnothing = 200$ mm, para descarga de fundo durante a época pluviosa e na baixa mar.

Esta barreira física tem como função a retenção, captação da água para irrigação, espalhamento de água a impedir a intrusão salina.

7. QUANTIFICAÇÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA E DE LUTA CONTRA A INTRUSÃO SALINA A JUSANTE DA RIBEIRA DE SALTOS

A quantificação dos impactes das infra-estruturas de conservação de solo e água de luta contra a intrusão salina a jusante da Ribeira de Saltos tiveram efectivamente os seus inícios com a avaliação dos projectos de Saltos – Watershed Management Project, financiados pelos Estados Unidos através da USAID, a partir de 1982. Com efeito, os benefícios palpáveis resultantes dos trabalhos de conservação de solo e água e de luta contra a intrusão salina, sem se considerar o aumento do nível dos trabalhos como consequência dos empregos criados, quantificáveis a médio e longo prazo (Bedolf, 1985).

Na ribeira de Saltos já se construiu vários diques e com múltiplas finalidade, tanto na linha de água principal como nos tributários. Destacam-se a construção de várias centenas de diques de correcção torrencial, de espalhamento das águas de escoamento superficial e de captação além do dique construído na foz da ribeira para impedir o avanço da água do mar.

Para além de diques construiu-se também, na ribeira de Saltos outras infra-estruturas anti-erosivas para a recuperação de áreas de culturas e para protecção das encostas, tais como: banquetas, terraços, muretes, espigões, etc. O Quadro 10 resulta da medição de alguns impactos dos projectos “Watershed Development Project” das áreas restauradas pelos diques de correcção torrencial, áreas beneficiadas pelos muretes e terraços individuais.

Quadro 10. Quantificação do volume de materiais de fundo e em suspensão captados pelas infra-estruturas hidráulicas de conservação do solo e água e das áreas restauradas nas bacia hidrográficas do WDP, ilha de Santiago (período de 1975-1989) (a)

Bacias hidrográficas	Superfície (ha)	Declive (%)	Linha de água (km ²)	Diques (número)	Volume de terras (m ³)	Áreas restauradas (ha)	Vol. Médio capt. /dique (m ³)	Taxa de sedimentação (m ³ /ha/ano)
Ribeira de Santa Cruz	3673	3,0	18,0	1059	366663	31,3	387,5	10,2
Ribeira de Saltos	1218	5,5	10,0	361	101008	7,2	247,5	5,5
Ribeira de Flamengos	3010	5,9	17,0	260	131357	10,1	505,3	2,9
Ribeira de São Miguel	1383	5,6	18,5	570	114130	7,6	200,2	5,5
Total	9284	20	63,5	2250	713158	56,2	1340,5	24,1

Fonte: IICT, Sér. Ciênc. Agrárias, nº20 (1998)

8. QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS, COM ÊNFASE PARA OS RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES ANTES E APÓS A EXECUÇÃO DO PROJECTO

A água superficial começou a ser aproveitada com o apoio dos serviços para rega temporária de modo a garantir a colheita do milho, feijão entre outros produtos hortícolas, nos leitos principais das ribeiras de Saltos, quando se verificou uma diminuição dos caudais. Esta experiência levou-os a reflectir seriamente na aplicação dos projectos de ordenamento da bacia hidrográfica, ou seja no melhor aproveitamento das águas de escoamento superficial para a rega temporária ou no seu armazenamento.

Ao longo dos anos 1980 a 1985 foram levados a cabo vários trabalhos de conservação de solo e água, nomeadamente, “projecto de ordenamento das bacias de Santa Cruz, Saltos, Flamengos e São Miguel – Watershed Management” que concentraram fundamentalmente nos domínios de controle de erosão e de cheias, correcção de leitos das ribeiras, hidráulica agrícola, plantação e arborização das encostas visando sua consolidação.

Foram construídas três reservatórios para armazenamento de água das captações com capacidade total de 40m³.

Para além das infra-estruturas hidráulicas construídas, também foram plantadas inúmeras árvores para a arborização de muitos terrenos em leitos das ribeiras e em zonas costeiras com acácia americana (*Prosopis juliflora*), espinheira branca (*Acácia albida*), tamarindo (*Tamarindus indica*), etc. Pretende-se com esta técnica fazer um aumento do espaço florestal, de produção de lenha, pastagem, conservação do solo contra a erosão acelerada, recuperação das terras degradadas. Através desta técnica ainda pretende-se também favorecer a recarga de aquíferos através do aumento de infiltrações.

A construção do dique teve um impacto positivo, visto que com ela houve uma redução do leito das ribeiras e por conseguinte diminuição da velocidade das águas de escoamento superficial para o mar, retenção dos produtos de erosão desagregados das encostas pela energia do impacto das gotas das chuvas e pela velocidade das águas de escoamento superficial, aumento na infiltração e portanto a recarga dos aquíferos e o estabelecimento de vegetação nas margens e no leito das ribeiras.

O “Watershed Manegement Project – Ribeira de Saltos, Ribeira de Santa Cruz, Ribeira de Flamengos e Ribeira de São Miguel”, foi executado num período em que país se vivia uma das maiores secas que, periodicamente, sentiam na região (Sabino, 1983). Assim, tiveram de considerar como prioritárias algumas medidas, de entre as quais se destacam as seguintes:

1. Implementar um conjunto de Projectos e Programas de conservação de solo e água, visando inverter o processo de desertificação do momento e mitigar o efeito das secas;
2. Criação de empregos aos trabalhadores afectados no projectos de conservação de solo e água, posteriormente levados a cabo, para garantir a subsistência das populações afectadas pelas secas e desertificação;
3. Construção de infra-estruturas hidráulicas de espalhamentos de águas de escoamento superficial, recarga dos lençóis aquíferos, captação e armazenamento e adução para a rega, nas diferentes áreas visando maximizar os recursos naturais, particularmente os recursos hídricos, agro-florestais e a pecuária;

Os Quadros 11 – 12 ilustram a evolução quantitativa dos recursos hídricos na bacia hidrográfica da ribeira de Saltos. De acordo com as medições feitas pela BURGEAP (1974), a bacia hidrográfica da ribeira de Saltos possuía 40 poços fornecendo um caudal total de 300 m³/ dia, actualmente a bacia hidrográfica de Saltos possui dois furos produtivos que fornecem um caudal de 640 m³/dia. Em termos quantitativos, os recursos hídricos da ribeira de Saltos sofreram um acréscimo de 340 m³/dia. Aos 340m³/dia deve-se acrescentar que os caudais fornecidos pelos poços localizados a montante do dique contra a intrusão salina construído em 1983 que criou uma área de regadio que oscila entre 4 a 6 hectares em função da ocorrência das precipitações (estimada em cerca de 200 a 300 m³/dia).

Quadro 11. Pontos de águas e recursos explorados em 1974

Zona	Pontos de água	Aquífero	Anos	Total de m ³ /dia	% Bombada
			1972		
Saltos	40 Poços com mais de 10m ³ /dia	Fl (formação dos Flamengos)	300	300	100

Fonte: BURGEAP (1974)

Quadro 12. Exploração dos furos durante o Mês de Dezembro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Salto	640	640	
FT-49	Saltos Abaixo			Está parado

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

10. RESULTADOS

Com base nos dados de ensaios de bombagem conduzidos pelo Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e obtidos do furo de observação FT-49 e de furo de exploração FT-47 foi possível calcular os parâmetros hidrogeológicos e determinar as características do aquífero, ou seja, a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S).

O Quadro 13 ilustra os valores dos tempos desde inícios de bombagem e os respectivos rebaixamentos medidos nos furos.

O modelo de Jacob descrito acima foi utilizado para calcular a transmissividade e o coeficiente de armazenamento com os dados do furo FT-47. Para isso utilizou-se o papel semi-logarítmico com os valores de s e t para traçar a recta de ajustamento. A Figura 4 ilustra os valores de ensaios de bombagem (dados observados) e a recta teórica de ajustamento obtida em função dos dados.

Quadro 13. Valores dos tempos desde inícios de bombagem e os respectivos rebaixamentos

Nº de ordem	Tempo de Bombagem (segundos)	Rebaixamento (metros)
1	$3,0 \times 10^2$	2,25
2	$6,0 \times 10^2$	2,82
3	$9,0 \times 10^2$	6,35
4	$1,2 \times 10^3$	7,42
5	$1,5 \times 10^3$	7,97
6	$1,8 \times 10^3$	8,13
7	$2,1 \times 10^3$	8,25
8	$2,4 \times 10^3$	8,35
9	$2,7 \times 10^3$	8,40
10	$3,0 \times 10^3$	8,44
11	$3,3 \times 10^3$	8,52
12	$4,2 \times 10^3$	8,56
13	$4,8 \times 10^3$	8,69
14	$5,4 \times 10^3$	8,77
15	$6,0 \times 10^3$	8,88
16	$6,6 \times 10^3$	8,90
17	$7,2 \times 10^3$	8,95
18	$8,1 \times 10^3$	8,97
18	$9,0 \times 10^3$	8,98
19	$1,02 \times 10^4$	8,99
20	$1,08 \times 10^4$	9,00
21	$1,62 \times 10^4$	9,01
22	$1,80 \times 10^4$	9,03
23	$1,98 \times 10^4$	9,03
24	$2,16 \times 10^4$	9,08
25	$2,52 \times 10^4$	9,27
26	$2,88 \times 10^4$	9,37
27	$3,24 \times 10^4$	9,60
28	$3,60 \times 10^4$	9,69
29	$3,96 \times 10^4$	9,70
30	$4,32 \times 10^4$	9,74
31	$4,68 \times 10^4$	9,78
32	$5,04 \times 10^4$	9,81
33	$5,40 \times 10^4$	9,90
34	$5,76 \times 10^4$	10,00
35	$6,12 \times 10^4$	10,13
36	$6,48 \times 10^4$	10,30
37	$6,84 \times 10^4$	10,35
38	$7,20 \times 10^4$	10,43
39	$7,56 \times 10^4$	10,49
41	$7,90 \times 10^4$	10,53
42	$8,28 \times 10^4$	10,65
43	$8,64 \times 10^4$	10,69

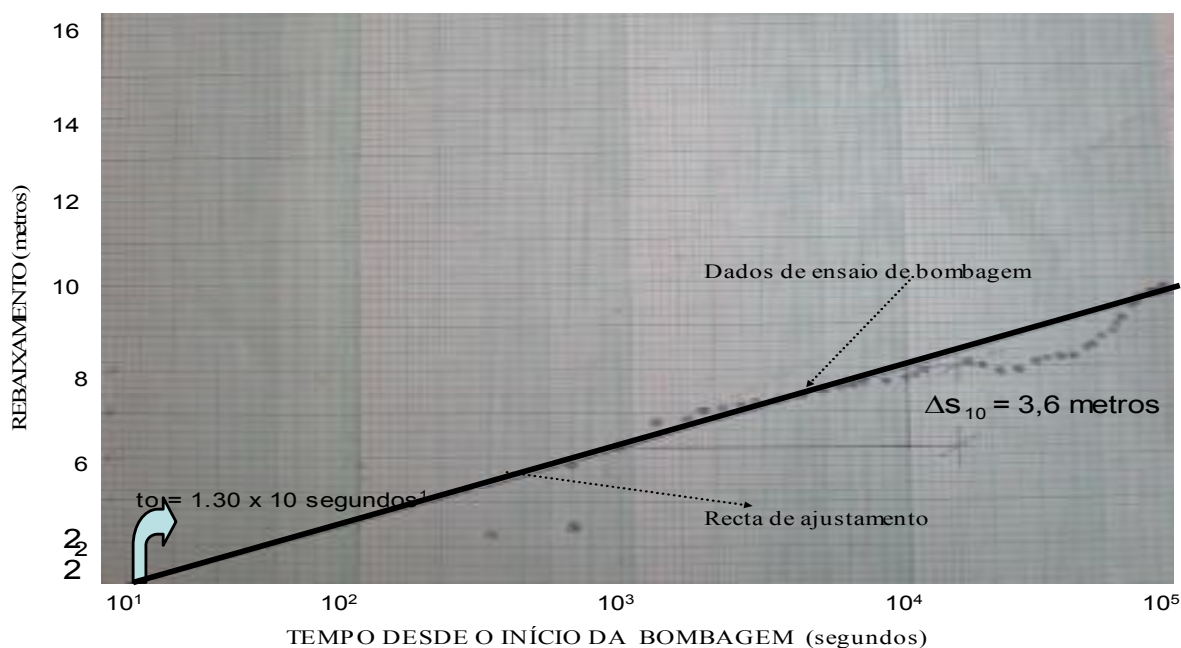


Figura 5. Valores de ensaios de bombagem (dados observados) e a recta teórica de ajustamento obtida em função dos dados.

Fonte: Martins (2008)

Considerou-se uma distância entre o furo de exploração, FT-47 e o furo de observação, FT-49 de 500 m de conformidade com informações fornecidas pelos responsáveis pelos ensaios de bombagem do INGRH. Assim, o processamento gráfico dos dados observados permitiu calcular a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S) obtendo-se os seguintes resultados em função dos cálculos abaixo indicados:

Transmissividade (T)

Para $Q = 0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$ e $\Delta s_{10} = 3,60 \text{ metros}$, teremos para a transmissividade o seguinte valor:

$$T = \frac{0,183 \times 0,00139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,6 \text{ m}} = 7,06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Coefficiente de Armazenamento (S)

$$S = 2,25 T (t/r^2)_o$$

Para $T = 7,06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $t_0 = 1,3 \times 10^1 \text{ s}$, $r^2 = 500 \text{ m}$, temos para o coeficiente de armazenamento o seguinte valor:

$$S = 2,225 \times 7,06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \times \frac{1,3 \times 10^1 \text{ s}}{(500 \text{ m})^2} = 3,67 \times 10^{-6}$$

12.1. Variação qualitativa da água dos poços e furos. O efeito do dique-barreira.

Através das amostras de águas recolhidos, durante o estágio, nos poços (52-861 e 52-83 e P-5) e no furo FT-49 e na parte a jusante do dique, da bacia hidrográfica da ribeira de Saltos, permitiu-nos realizar análises para a determinação do pH, da Condutividade eléctrica, TDS e % de Sal, cuja o resultado.

Quadro 14. Resultados de análise de água

Laboratório n°	Localidade	Designação	Identificação de Amostra	pH	Condut mS/cm	TDS mg/l	Sal %
63	Saltos	Furo	FT-49	8.7	12.16	1087	1.1
64	Saltos	Poço	52-81	7.6	13.17	7320	7.6
66	Saltos	Poço	52-83	7.4	10.47	5720	5.9
67	Saltos	Poço	P-5	7.4	9.71	5280	5.5

Fonte: Laboratório de Análise de Águas Solos e Plantas (LASAP) -INIDA, (Maio de 2008)

12.2. Medições Periódicos

Foi efectuada medições periódicas nos poços 52-81 e 52-83 e nos furos FT-47 e FT-49 para a determinação da condutividade, caudal e temperatura dos respectivos poços e furos.

Quadro 15. Medições periódicas do Poço52-81

Ano	Mês	Nível	Caudal m3/h	Condutividade (µs/cm)	Temperatura (°C)
2004	Março	6,40		3760	24,1
	Maio	6,50		4190	25,7
	Julho	6,60		4490	26,7
	Setembro	6,00		4480	27,2
	Novembro	6,00		4430	26,8
2005	Janeiro	6,60		4400	26
	Março	6,80		5600	25
	Junho	6,50		7250	28,2
	Agosto	6,70		5990	28
	Novembro	6,60		8960	26,6
2006	Fevereiro	6,50		8300	24,2
	Julho	6,80		9130	27,6
	Dezembro	6,80		8290	25,1
2007	Julho	6,70			
	Dezembro	6,80		8300	25
2008	Fevereiro	6,60		11530	24,9

Fonte: INGRH (2008)

Quadro 16. Medições periódicas do Poço52-83

Ano	Mês	Nível	Caudal m3/h	Cond (µs/cm)	Temperatura (°C)
2004	Março		24	4760	24,1
	Maio		18	3580	25,7
	Julho		36	5030	26,7
	Setembro		36		27,2
	Novembro		30	3570	26,8
2005	Janeiro		36	3600	26
	Março		24	4840	25
	Junho		36	8150	28,2
	Agosto			5190	28
	Novembro			7170	26,6
2006	Fevereiro			6840	24,2
	Julho			9930	27,6
	Dezembro			7980	25,1
2007	Dezembro		30	8840	25
2008	Fevereiro		30	12640	24,9

Fonte: INGRH

Quadro 17. Medições periódicas do Furo FT-47

Anos	Mês	Caudal m ³ /h	Cond (μs/cm)	Temperatura (°C)	Observações
2005	Agosto	25,7			13875
	Outubro	5,2			16692
	Novembro				17409
	Dezembro				18015
2006	Janeiro				18630
	Março				19485
	Junho				
	Agosto				
	Novembro		1922	23	
2007	Janeiro		1724	26	
	Abril		1735	24,1	
	Setembro		1603	29	
	Outubro		2100	29	
2008	Fevereiro		1593	25,7	
	Março		1615	26	

Fonte: INGRH (2008)

Quadro 18. Medições periódicas do Furo FT-49

Anos	Mês	Caudal m ³ /h	Cond (μs/cm)	Temperatura (°C)	Observações
2004	Agosto	9	1886	29,7	
	Setembro	5,5	1993	29,4	
	Outubro	5,5	1990	28	
	Novembro	5,5	1902	27,6	
	Dezembro	8	1995	28	
2005	Janeiro	8	2020	28,4	2006 – Não foi medida porque o contador se encontrava avariado
	Março		2203	29,2	
	Maio	6	1959	29	
	Julho	2,4	1949	29,7	
	Novembro	9	2560	29	
	Dezembro	8	2290	28,9	
2007	Janeiro		2250	28	
	Março		1869	29	
	Abril		1370?	28,9	
	Maio		1822	28,6	
	Junho	9	1822	28,8	
	Julho	7			
	Novembro	9	2700	29	
	Dezembro				
2008	Janeiro	9	2050	25	
	Fevereiro		2040	26,3	
	Março	9	2060	27	

Fonte: INGRH (2008)

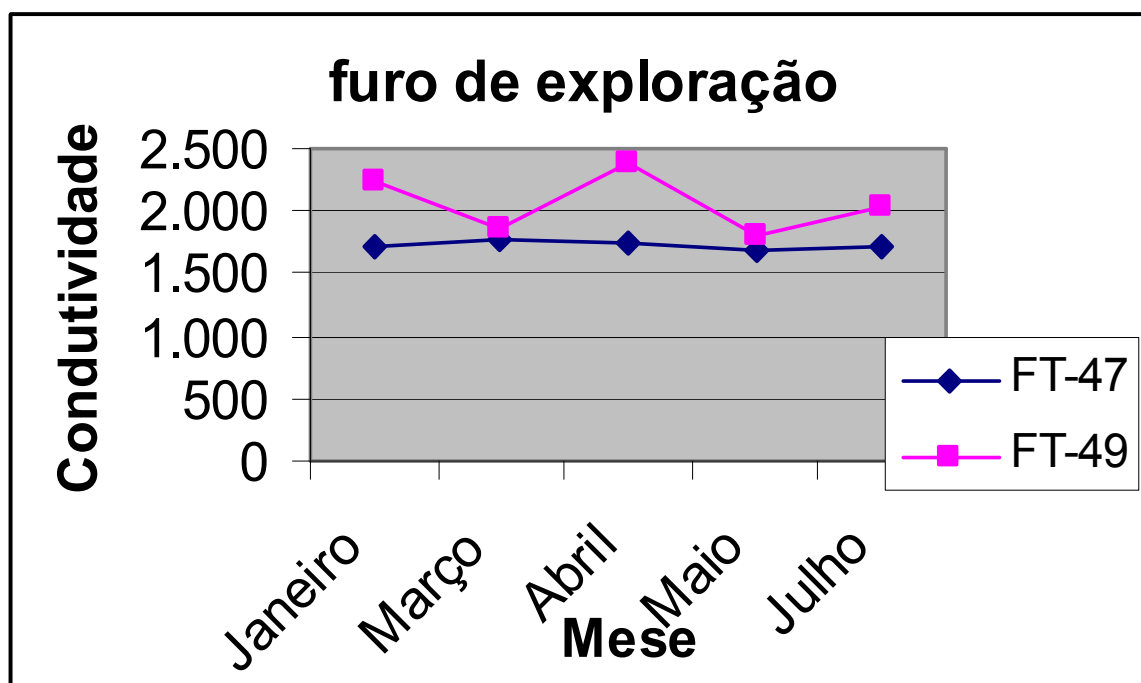
Quadro. 19 Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Furos	Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
FT-47		1.724	*	1.760	1.732	1.673	*	1.722
FT-49		2.250	2.180	1.868	2.379	1.808	1.822	2.046

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

A figura 6 é um gráfico resultante do quadro 18 que estabelece a relação da condutividade dos furos FT 47 e FT 49.

Figura 6. Resultado da condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$) dos furos FT 47 e FT 49 referentes ao ano 2007



Quadros de exploração dos furos mensalmente

Quadro 20. Exploração dos furos durante o Mês de Janeiro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	Motor avariado
FT-49	Saltos Abaixo	1116	1116	Contador avariado

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento -Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 21. Exploração dos furos durante o Mês de Fevereiro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	Motor avariado
FT-49	Saltos Abaixo	1332	1332	Contador avariado

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento – Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 22. Exploração dos furos durante o Mês de Março /2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	
FT-49	Saltos Abaixo	1332	1332	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 23. Exploração dos furos durante o Mês de Maio /2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	
FT-49	Saltos Abaixo	1728	1728	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 24. Exploração dos furos durante o Mês de Junho/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	
FT-49	Saltos Abaixo	1728	1728	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 25. Exploração dos furos durante o Mês de Julho/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	_____	_____	
FT-49	Saltos Abaixo	1224	1224	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento – Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 26. Exploração dos furos durante o Mês de Agosto/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	679	_____	
FT-49	Saltos Abaixo	1008	1008	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 27. Exploração dos furos durante o Mês de Setembro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	199	199	
FT-49	Saltos Abaixo	792	792	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 28. Exploração dos furos durante o Mês de Outubro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	289	289	
FT-49	Saltos Abaixo	1404	1404	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 29. Exploração dos furos durante o Mês de Novembro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Saltos	616	616	
FT-49	Saltos Abaixo	1116	1116	

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 30. Exploração dos furos durante o Mês de Dezembro/2005

Furos	Localidade	Produção (m3)	Distribuição (m3)	Obs.
FT-47	Salto	640	640	
FT-49	Saltos Abaixo			Está parado

Fonte: Serviço Autónomo de Água e Saneamento-Câmara Municipal de Santa Cruz

Quadro 31. Médias comparativas das medições periódicas dos furos

Furos	Anos	Caudal m3/h	Cond (µs/cm)	Temperatura Média (°C)
FT-49	2004	33,5	9766	28,54
	2005	27,4	12918	29,06
	2007	25	10466	28,51
	2008	18	6150	26,5
FT-47	2005	30,9		
	2006		1992	23
	2007		7162	27,025
	2008		3208	25,85

Quadro 32. Médias comparativas das medições periódicas dos poços

Poço	Anos	Caudal m3/h	Cond (µs/cm)	Temperatura Média (°C)
52-83	2004	144	16940	26,1
	2005	96	28950	26,76
	2006		24750	25,63
	2007	30	8840	25
	2008	30	12640	24,9
52-81	2004		21350	26,1
	2005		32200	26,76
	2006		25720	25,6
	2007		8300	25
	2008		11530	24,9

11. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Ao longo do trabalho foram utilizadas dados conduzidos pelo INGRH, provenientes das medições feitas pelos operadores da bombagem e que nos permitiu calcular alguns parâmetros hidrogeológicos como a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S). Os dados da distância entre o furo de exploração e furo de observação utilizados para a determinação do coeficiente de armazenamento, apresentam valores exagerados (500 m), o que carece de mais estudos de investigação de modo a obter dados mais exactos para que no futuro se possa calcular o coeficiente de armazenamento do aquífero em estudo com maior exactidão.

Os dados de tempos de bombagem e dos respectivos rebaixamentos utilizados na determinação da recta de ajustamento não se encaixaram muito, uma vez que se trata de uma amostra de pequena dimensão donde se obteve os respectivos parâmetros.

Em termos quantitativos, os recursos hídricos da ribeira de Saltos sofreram um acréscimo de $340\text{m}^3/\text{dia}$. Aos $340\text{m}^3/\text{dia}$ deve-se acrescentar que os caudais fornecidos pelos poços localizados a montante do dique contra a intrusão salina construído em 1983 que criou uma área de regadio que oscila entre 4 a 6 hectares em função da ocorrência das precipitações (estimada em cerca de 200 a $300\text{ m}^3/\text{dia}$). Estes resultados mostram importância da construção do dique na melhoria das condições hidrológicas e agrícolas da área de estudo e de toda a bacia hidrográfica.

12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com este trabalho de pesquisa esperamos ter contribuído para um conhecimento mais profundo da bacia hidrográfica da Ribeira de Saltos em termos das condições hidrogeológicas e agrícolas.

Este estudo permite-nos tirar algumas conclusões e formular, também, algumas recomendações, das quais destacamos as seguintes:

1. A escassez da chuva é a origem de algumas inquietações concernentes aos recursos hídricos na terra;
2. Dedicar mais atenção à problemática do estudo hidroquímico das águas subterrâneas;
3. Evitar a sobrebombagem para precaver o esgotamento ou a contaminação dos aquíferos pela invasão da água do mar (intrusão salina);
4. Promover e implementar medidas que contribuam para a poupança da água, através de palestras, sensibilização e informação;
5. Implementar actividades de sensibilização e formação das comunidades em relação à utilização e gestão dos recursos hídricos e das infra-estruturas;
6. Fazer seguimento de um mecanismo de controle rigoroso na bacia hidrográfica da Ribeira de Saltos para evitar intrusão salina nas zonas costeiras;
7. Melhorar a utilização dos recursos através de reparação de infra estruturas de armazenamento, transporte e distribuição da água;
8. Envolver as comunidades e publico em geral na manutenção das infra-estruturas hidráulicas existentes na bacia hidrográfica;
9. Implementação de actividades de sensibilização e formação das comunidades em relação à utilização e gestão da água, sobretudo as mulheres e os agricultores;
10. Divulgar a experiência bem sucedida com a construção do dique contra a intrusão salina na Ribeira de Saltos e incentivar a implementação deste tipo de projecto na foz das outras bacias hidrográficas de Cabo Verde sujeitos a intrusão salina (por exemplo, Ribeira Seca, Ribeira de Praia Baixo, Ribeira de Achada Baía, etc.)

13. BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, Ilídio (1964). –“ Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens”. Junta de Investigação do Ultramar. Lisboa;
- AMERICAN WATER, Resources Association and the Arizona Academy of Science. (1973). “Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest”. Tucson, Arizona;
- BEDOLFE, H. M. (1985). “The Watershed Management Project Pilot Agricultural Extension Service Final Report”. Praia;
- BURGEAP. (juillet 1974). “ La Mise en Valeur des aux subterraines dans l’Archipel du Cape Vert” ;
- CUSTÓDIO, Emílio e LLAMAS, Manuel Ramon, “Hidrologia subterrânea” Tomo II;
- DUARTE, João Gomes. (1987) – “Relatório do fim de estágio”. Flamengos, Cabo Verde;
- DINIZ, A. Castanheira e G. Cardoso de Matos. (1986). “ Carta de Zonagem Agro-Ecológica de Cabo Verde.” I – Ilha de Santiago. Separata de GARCIA DE ORTA, SER. BOT, LISBOA, Portugal;
- HAESTAD METHODOS. “HEC – PACK FOR WINDOWS”. Waterbury, USA;
- JOHNSON Division, UDP Inc. Ground Water and Well. “A Reference book for the Water-Well industrial”. Saint Paul;
- LENCASTRE, A. e Franco, F.M. “Lições de hidrologia”. Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia;
- MONTEIRO, Manuel M. (1990). “Caracterização das Grandes Unidades Geomorfológicas da ilha de Santiago”, República de Cabo Verde;
- MATOS ALVES, C. A. Et Al., “Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde) ”;

- MOTA GOMES, Alberto. (1980). “A Hidrogeologia de Santiago”. Praia, Cabo Verde;
- PROJET PNUD/DDES CVI – 87 – 001(1993 – 2005) “Schéma Directeur pour la mise en valeur des ressources en eau Volume 1 Chapitre 3, pag. 3.14 ”. – Source ;
- SABINO, A. Advino Sabino. “Águas subterrâneas (apontamentos e Problemas) – Cadeira de Conservação de Solo e Água” – INIDA, Praia, Cabo Verde;
- SABINO, A. Advino Sabino. “Apontamento das aulas de seminário – Modelação hidrogeológica.” Instituto Superior de Educação, Praia, Cabo Verde;
- SABINO, A. Advino Sabino. (1990), “Contribuição para o Plano Director de Rega – FAO, MAAP”, Praia, Cabo Verde;
- SABINO, A. Advino Sabino. (1998) “ O Aproveitamento hidroagrícola e os impactes dos projectos de conservação de solo e água. Sugestão e alternativas de viabilização da agricultura de regadio em Cabo Verde”, IIT, Sér. Ciênc. Agrárias, nº 20;
- SABINO, A. Advino Sabino, (1983). “Os projectos de Praia Formosa e de ordenamento das Bacias Hidrográficas de Santa Cruz, Salto, Flamengos e São Miguel e a luta contra a desertificação em Cabo Verde”. Praia – SCSA;
- SABINO, A. Advino Sabino. (1984). –“ Projecto de construção de um dique contra intrusão salina na foz da ribeira de Saltos – Watershed Management Project.” MDR, Praia, Cabo Verde;
- SABINO, A. Advino. (1980). – “Projecto de correcção de torrentes e de controle de erosão na Ribeira de Saltos.” Agosto;
- SEPA – Secretariado Executivo Para o Ambiente. (1999). “Comunicação Nacional – Mudanças Climáticas”. Projecto CV/97/G33/GEF/PNUD;
- SERRALHEIRO, A. (1976) – “A Geologia da Ilha de Santiago”_ Faculdade Ciências Universidade Lisboa;
- TODD, David Keith, Ph. D, (1973) “Hidrologia – água subterrânea”. Madrid.

14. ANEXOS. FOTOS ILUSTRATIVOS



Foto1. Áreas de regadios a jusante de Saltos (zona do dique-barreira)



Foto 2. Culturas irrigadas a partir do poço 52-83



Foto 3. Aspecto vegetativo da zona



Foto 4. FT 49, Saltos (em mau estado de conservação)



Foto 5. FT47 – Saltos



Foto 6. Aspecto do solo a jusante do dique



Foto 7. Agricultura da zona a jusante de Saltos



Foto 8. Dique ribeira de Saltos a jusante



Foto 9. Dique de luta contra a erosão



Foto 10. Poço eólico 52-83 (Saltos)



Foto 11. Formação dos flamengos da zona de Saltos